auf einmal dazugekommenen Segmente heißen wir Hinter- oder Kieferkopf.

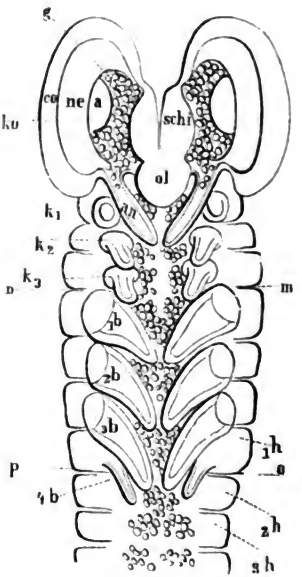


Fig. 133.
Keimſtreif von Mantis.
ko Vorderkopfſegment (G Gehirn, ne Netzhaut, co Cornea (der großen Facettaugen), schi Schildchen, ol Oberlippe, an Fühleranlagen), k1 1., k2 2., k3 3. Kieferſegment. b1 Vorder-, b2 Mittel-, b3 Hinterbruſtring mit den den Kiefern entſprechenden Beinanlagen, b4 überzähliges 4. Beinpaar am 1. Hinterleibsſegment h1. (Original.)

Nach einem weiteren Stadium in Fig. 134 zu urtheilen, hat es übrigens den Anſchein, als ob der Urrumpf, d. h. die Kette aller Segmente mit Ausnahme des Urkopfes, in zwei Theile ſich ſcheiden wollte. Die vorderſten 6 Leibesſtücke

Digitized by Google

zeigen nämlich ein Paar zapfenartige Ausstülpungen, die im nächsten Stadium als Anhänge resp., da sie ja dem Bauch angehören, sich als Beine qualificiren. Dies deutet also auf einen Vielfüßler. Doch die Sache nimmt bald (vgl. Fig. 133) ein anderes Gesicht an. Die drei ersten Segmentanhänge (k_1–k_3) wachsen nur langsam und bleiben klein, während ihnen die übrigen (b_1–b_3) voraneilen. Erstere geben eben die Mundbeine oder Kiefer, letztere die eigentlichen Gehwerkzeuge, eine Scheidung, die jedoch nicht bei allen Insekten gleichzeitig erfolgte und noch erfolgt, indem z. B. beim Calopteryx-Embryo die Mittel- und Hinterkiefer lange Zeit mehr den Beinen als den Vorderkiefern gleichsehen. Die Zahl der Embryonalbeine ist aber wechselnd; bei Hydrophilus sind es nach Kowalewski meist fünf, bei Mantis (Fig. 133 b_1) vier Paare, bisweilen gleichfalls mit der Spur eines fünften. Die letzten empfehlen sich aber bald und es bleiben stets nur drei übrig. Der Vielfüßler wird dadurch zum Sechsfüßler, zum echten Insekt.

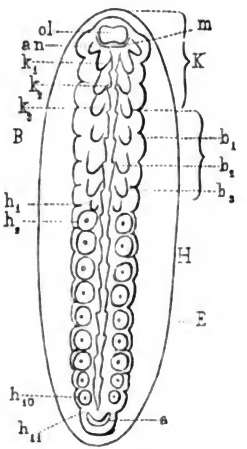


Fig. 134.
Embryo eines Schwimmkäfers (nach Kow.).
E Umriß der Eihaut. Die streifenartige Keimanlage schon deutlich segmentirt. K Kopf, ol Oberlippe, m Mund, an Fühler, k_1, k_3 Kiefer, B Brust, b_1, b_3 Beine. Am ersten Hinterleibsring (h_1) Anlage eines weiteren Gliedmaßenpaares. a After.

Während aber alle Insekten als Embryonen stets drei deutliche Kieferpaare tragen, findet man bei Kerfen, die als Larven fußlos sind, wie z. B. bei manchen Fliegen, auch im Embryo keine oder doch nur undeutliche Spuren davon (Fig. 135).

Digitized by Google

Ganz ähnliche Anhänge wie aus den genannten Segmenten stülpen sich auch aus dem vordersten, dem Urkopf, hervor. Es sind dies die Fühler (Fig. 133 an), die der Leser nach ihrer späteren Stellung wohl nicht an der Bauchseite erwartet hat. — Das wären zunächst die Organe, die das Exoderm an seiner Außenseite ansetzt. Nun kommen wir auf jene, die aus demselben Blatte innerlich entstehen. Deren gibt es hauptsächlich zweierlei, nämlich das Bauchmark, das aus einer Abblätterung der mittleren Keimstreifzone hervorgeht, und dann eine Reihe von Drüsen, die im Gegensatz zu den durch Ausstülpung entstandenen äußeren Anhängen durch röhrige Einsenkungen gebildet werden.

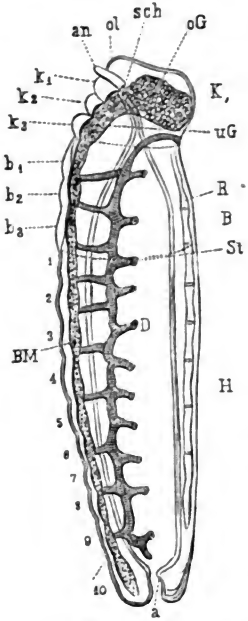


Fig. 135.
Profilansicht eines Bienenembryo (nach Kow.).
Bezeichnung wie in Fig. 134. BM gegliedertes Bauchmark. D Weiter Mitteldarm. St Luftlöcher mit den davon entspringenden Luftröhren oder Tracheen.

Ein Blick auf den quer durchschnittenen Keimstreif in Fig. 136 zeigt dem Leser einen mittleren stark verdickten Theil (a b) und zwei dünnere Randpartieen (a c). Letztere sind die sog. Seitenplatten, aus welchen die beschriebenen Anhänge entstehen, während ersterer Abschnitt die sog. Medullar- oder Hautnervenplatte vorstellt. Die Zellen der letzteren sind auf diesem Stadium (A z) in Querttheilung begriffen, der, nach eigenen Untersuchungen, eine beträchtliche Verlängerung vorhergeht. Die äußere Lage

dieſer Zellen (z) bildet das eigentliche Haut- beziehungsweiſe das Sinnesblatt oder die Epidermis; die durch Abſchnürung entſtandenen inneren (z') Zellen geben aber das Centralnervenſyſtem, das ſich zunächſt in Form eines flachen Bandes vom Urkopf bis zum Schlußſegment erſtreckt, ſomit in ſeiner ganzen Ausdehnung ein rein ventrales Gebilde, ein wahres Bauchmark iſt.

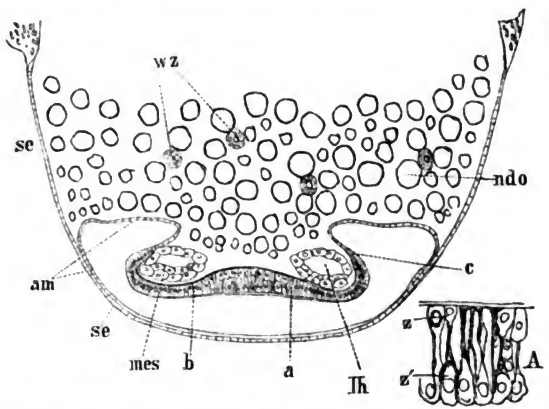


Fig. 136.

Ventraler Theil eines Querſchnittes durch die Keimblaſe von Mantis religiosa.
se äußere Hülle, am innere Hülle, ab Nervenplatte, ac Seitenplatte, mes Meſoderm, lh Leibeshöhle (Anlage), ndo Nahrungsdotter, wz Dotter(Darm-)zellen.
A Stück aus dem mittelſten Theil des Keimſtreifs, um die Quertheilung der Zellen zu zeigen; z eigentliche Epidermis-, z' davon abgetrennte Nervenzellen.
(Original.)

Später ſpaltet ſich aber nach Hatſchek dieſes eine Markband in drei Stränge. In einen mittleren Strang (Fig. 137 ms), der als eine direkt vom Hautblatt entſpringende, bei den einzelnen Ordnungen aber verſchieden hohe Leiſte erſcheint, und in zwei ſeitliche völlig iſolirte Stränge (ss). Letztere ſind die eigentlichen Markbänder. Von Segment zu Segment verſchmilzt aber ein Theil des Mittelſtranges mit den letzteren

Digitized by Google

und so entstünden, wenigstens nach Hatschek, die einzelnen Segmentganglien, die dann durch die beiden Seitenstränge, die sog. Längscommissuren, zu einer Kette vereinigt werden.

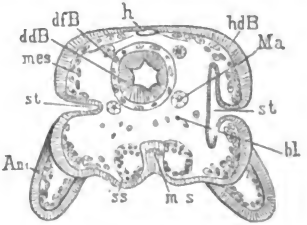


Fig. 137.

Wir nannten die gesammte Ganglienkette eine ventrale Bildung, trotzdem es gegen die landläufigen Begriffe verstößt, das Gehirn zum Bauchmark zu rechnen. Der Grund ist folgender. Um die Zeit, wo dies Gebilde entsteht, entsteht auch der Mund und die Speiseröhre, überhaupt der Vorderdarm, und zwar (Fig. 135 Sch) als eine blindsackartige Einstülpung des Exoderms zwischen dem ersten und zweiten Kopfsegment. Damit kommt also der Urkopf und mit ihm das erste Bauchmarksegment vor resp. über den Schlund. Es wird zum oberen Schlundganglion, während das den Mittel- und Hinterkiefern entsprechende dritte und vierte Bauchmarksegment nach ihrer späteren Vereinigung das untere Ganglion liefern und das zweite, den Oberkiefern entsprechende, die Verbindung beider zum sog. Schlundnervenringe bewerkstelligen soll.

Das Urkopfganglienpaar oder das Gehirn scheint aber, wie leicht glaublich, etwas complicirteren Ursprungs. Den Grundstock liefern nach Hatschek's Studien die Seitenstränge (Fig. 138 ss). Dieser vergrößert sich aber noch äußerlich durch Abblätterung oder Wucherung der Kopfplatten (ex), während durch eine Einstülpung des Exoderms (fa) abermals ein neuer

Digitized by Google

Theil hinzukommt und das quere Commiſſurenſyſtem zwiſchen beiden Hirnhemiſphären wahrſcheinlich, zum Theil wenigſtens, dem von Hatſchek hier allerdings nicht erwähnten Mittelſtrang (ms) ſeinen Urſprung verdankt.

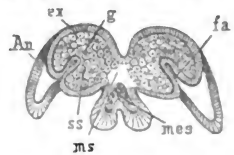


Fig. 138.
Querſchnitt durch die Vorderkopfanlage des Embryo vom Goldafter. (Nach Hatſchek.)
ex Exoderm (Kopfepithel), g davon abgetrennte Gehirnzellen, fa Gehirnfalte, ss Seitenſtränge, mes Meſoderm über dem Speiſerohr, An Fühleranlagen.

Das Exoderm, mit deſſen Organiſirung wir zunächſt beſchäftigt, wurde ſchon mehrfach als Drüſenblatt bezeichnet. Dies rechtfertigt ſich damit, daß einerſeits die geſammte Epidermis gewiſſe Abſonderungen liefert — die Chitinhaut z. B. iſt ja nichts Anderes als ein Secret derſelben — und als andererſeits durch Einſtülpungen oder innere Faltungen jene ſpecifiſchen Organe der Abſonderung und des Stoffwechſels entſtehen, die wir als Hautdrüſen im allgemeinſten Sinne dieſes Wortes bezeichnen. Solcher an der Körperoberfläche ausmündender Drüſen gibt es nun bekanntlich auch bei den Inſekten ſehr viele und mannigfaltige; wir beſchränken uns aber auf die paarigen Mund- und auf die gleichfalls in duplo von Segment zu Segment ſich wiederholenden Athmungsorgane oder Tracheen.

Die Munddrüſen, gewöhnlich als Speichelorgane bezeichnet, kommen im Allgemeinen, ſo z. B. ſicher bei den Faltern und Bienen, in zwei Paaren vor, wovon das vordere dem zweiten oder Mandibelſegment, das hintere aber dem vierten Kopfring oder der Unterlippe entſpricht. Bei vielen Larven funktionirt das letztere als Spinnorgan. Beide erweiſen ſich als echte Hautdrüſen. Sie entſtehen nämlich, wie jüngſt wieder Hatſchek gezeigt, aus einer faltenartigen Einſtülpung des Exoderm, die ſich dann allmälig, oft unter mehrfacher Veräſtelung, zu einer Röhre verlängert und inwendig eine Chitinlage abſondert.

Digitized by Google

Im Wesentlichen dieselbe Bildung läßt sich auch bei den Tracheen (vgl. Fig. 139) nachweisen, und nach den neuesten

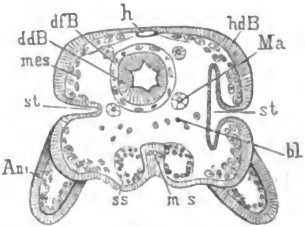


Fig. 139.

Untersuchungen von Palmen ist es auch sehr wahrscheinlich, daß sie factisch von gewöhnlichen Hautdrüsen abstammen.

Uebersicht der segmentalen Exodermbildungen.

Stammsegmente.		Anhänge.	Ganglien.	Drüsen.
Kopf	1	fü	oG	— —
	2	Kiefer k_1	—	spei
	3	Kiefer k_2	uG	—
	4	Kiefer k_3	uG	spi
Brust	5	Beine b_1	G_1	st_1
	6	Beine b_2	G_2	st_2
	7	Beine b_3	G_3	st_3
Hinterleib	8	b_4	G_1	st_4
	9	b_5	G_2	st_5
	10	.		Tracheen (Stigmen)
	11	.		
	12			
	13			
	14			
	15			
	16		G_8	st_{11}
	17		—	—
	18		—	—

Digitized by Google

An die eben beschriebenen reinen Exodermbildungen schließen wir die Entwicklung eines hochwichtigen Binnenorgans, nämlich des Darmkanales an.

Eine schöne Uebersicht gibt zunächst der beinahe einem Schaukelpferd ähnliche Längsschnitt eines Maueraffel-Embryo (Fig. 140).

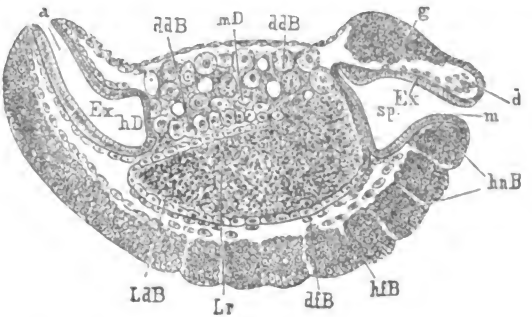


Fig. 140.

Längsschnitt durch einen fast reifen Embryo der Maueraffel, nach Bobretzky. hnB mehrschichtiges und segmentirtes Hautnervenblatt, aus dem die Bauchdecke und die Ganglienkette hervorgeht; vorne und hinten geht es in das einschichtige Exoderm (Ex) über, durch dessen Einstülpung der Vorder- (sp) und der Hinterdarm (hD) entsteht; m Mund, a After, g Gehirn, hfB Hautfaser-, dfB Darmfaserblatt, Lr Lebersack, mD Mitteldarm, ddB Darmdrüsen-, LdB Leberdrüsenblatt.

Da von der Bildung eines Darmschlauches die Rede ist, so wird der Leser in den beiden einander entgegenwachsenden blindsackartigen Einstülpungen sp und hD ohne Zweifel die Anfänge eines solchen vermuthen, sich aber wahrscheinlich zugleich vorstellen, daß das Rohr einfach auf die Art zu Stande kommt, daß die betreffenden Blindsäcke in der Mitte des Körperinnern auf einander stoßen und an der Berührungsstelle sich öffnen werden.

So einfach geht die Sache aber nicht ab. Die gewissen Einsackungen (des Exoderm) sind und bleiben nämlich nur

Digitized by Google

die Endstücke des ganzen Kanales, während der Mitteltheil, d. i. also der Darm im engeren Sinne, einen ganz andern Ursprung nimmt.

Derselbe entsteht aus jenen im Dotter zerstreuten Bildungselementen, die wir schon oben als Darmzellen bezeichneten.

An unserer Figur (140) stellen dieselben (ddB) größtentheils noch eine compacte Masse dar; nur unten bei LdB sieht man, daß sie bereits aus dem Dotter herausgetreten sind und daß hier die Bildung des Drüsendarmsackes im Zuge ist.

Daß nun aber wirklich auch bei Insekten ganz ähnliche Verhältnisse bestehen, mag vorläufig, bis unsere größere Arbeit erscheint, der Längsschnitt durch den fast reifen Lina-Embryo in Fig. 141 zeigen.

In den polaren Einstülpungen sD und eD wird man wieder den Schlund- resp. den End- oder Afterdarm erkennen. Dazwischen liegen nun zwei große weite Blasen, die getrennten Durchschnitte durch den etwas gebogenen Mitteldarm. Die Wand desselben d. i. das Drüsenblatt ist hier aber schon vollständig gebildet und besteht aus einer Schichte ziemlich hoher Cylinderzellen. Man sieht zugleich, daß aller noch nicht verbrauchter Dotter in diesem Mitteldarm eingeschlossen ist, daß er somit die Stelle eines Dottersackes vertritt.

Erklärung zu Fig. 141 S. 433.

Fast medianer Längsschnitt durch das Ei und den schon ganz entwickelten Embryo des Pappelblattkäfers.

Hüllen: ch Schalenhaut (Chorion), dh Dotterhaut, ah äußere (zellige) der Dotterhaut anliegende Keimhülle, ih innere (zellige) dem Embryo sich anschmiegende Keimhülle. Embryo: Ex Exoderm, oG oberes, uG unteres Schlundganglion, M Beißmuskeln, mu Mund, sD (eingestülpter) Schlunddarm, mD Mitteldarm, B1, B2, B3 Beine, eD Enddarm, a After, st1—st8 trichterartige Anlagen der Stigmen resp. Tracheen. Vergr. 100/1. (Original.)

Digitized by Google

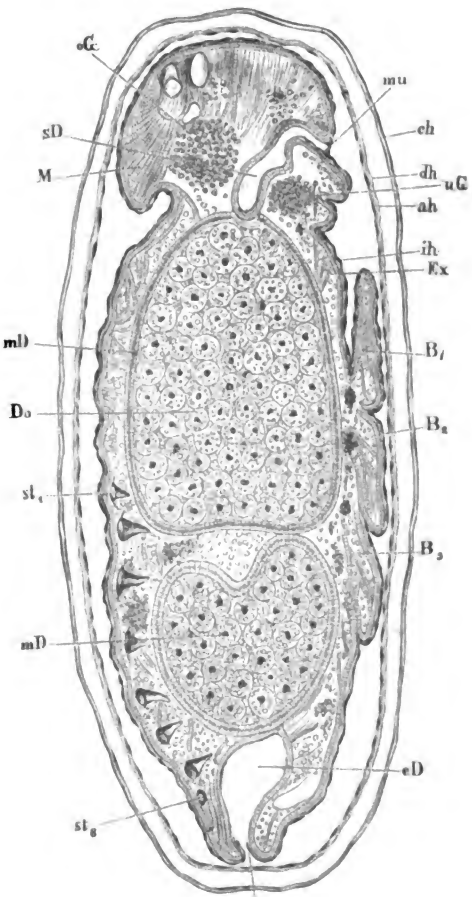


Fig. 141. (Erklärung s. S. 432.)

Digitized by Google

Dieſer Dotter iſt ferner noch immer in jene großen (dem Laien als Zellen erſcheinenden) Ballen geſondert, von denen oben die Rede war, und auch der Inhalt dieſer Ballen iſt noch ein ähnlicher, d. h. man findet bei Doppelfärbung mit Pikrinſäure und Karmin 1) einen rothen centralen Kern, 2) einen hellen Plasmahof und 3) an der Peripherie des letztern die gelb gefärbten Dotterkügelchen.

Die Beſprechung des Mittelblattes oder Meſoderms haben wir abſichtlich auf zuletzt gelaſſen, nämlich um einfach ſagen zu können, daß aus ihm alle jene Organe und Gewebe hervorgehen, welche den Hohlraum zwiſchen dem Haut- und dem Darmſchlauche einnehmen.

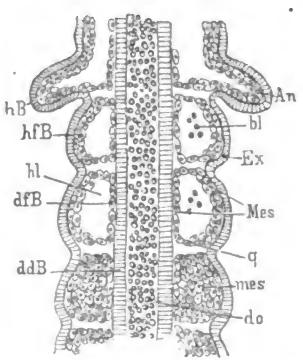


Fig. 142.
Schematiſche Darſtellung der Segmentirung des mittleren Keimblattes an einem horizontalen Längsſchnitt eines Scorpionembryos nach Mecznikow.

Ex Exoderm, ddB Darmdrüſenblatt; zwiſchen dieſen Blättern die hohlen „würfelförmigen" Meſodermſegmente; hfB deren äußeres oder Hautfaſer-, dfB deren inneres oder Darmfaſerblatt, lh Leibeshöhle, bl Blutkörperchen darin, do Nahrungsdotter.

Am Querſchnitt in Fig. 136 ſieht der Leſer die erſten Anlagen dieſer Theile in Geſtalt zweier anfangs ſolider, ſpäter hohl werdender Zellſtränge (mes) an den Seiten der mittleren Keimſtreifverdickung, aus der die Ganglienkette hervorgeht. Mit der Segmentirung des Exoderms zerfallen dann nach den bisherigen Angaben auch dieſe Zellſtränge in eine entſprechende Anzahl von Stücken. Dies ſoll nach Mecznikow beſonders am Schwanze des Scorpions deutlich ſein, wovon Fig. 142 ein Stück darſtellt. Ex zeigt das ge-

Digitized by Google

gliederte Exoderm, d. i. den Hautschlauch, dd B das einfache Darmrohr. Dazwischen bemerkt man auf beiden Seiten die würfelartigen Theilstücke des Mittelblattes. Diese Mesodermabschnitte bleiben aber nicht solid, sondern es entsteht in ihrer Mitte (vgl. den vorderen Theil der Figur), wie schon früher angedeutet, ein Spaltraum (hl), der von großer Bedeutung ist. Derselbe ist nämlich die erste Anlage der Leibeshöhle, die also, ganz unabhängig vom Darmschlauch und meist schon vor dessen Vollendung als eine einfache Lücke im Mittelblatt entsteht.

Diese Gliederung oder Kammerung der Leibeshöhle, welche man bei gewissen Würmern zeitlebens findet, ist aber bei den Insekten nur ein vorübergehender Zustand, indem sich die queren Scheidewände (q) sehr bald auflösen. Das Mesoderm besteht dann im Wesentlichen aus zwei Lamellen. Die äußere, das Hautfaserblatt, verwandelt sich hauptsächlich in die Muskeln des Hautskelettes und behält z. Th. ihre ursprüngliche Gliederung bei; die innere Schichte dagegen überzieht als continuirlicher Schlauch den Verdauungstract, es ist das Darmfaserblatt.

Außerdem entstehen aus dem Mittelkeim noch folgende Gewebe. Erstens einmal das Blut, dessen Formbestandtheile, die Blutkörperchen, als abgelöste Mesodermzellen zu betrachten sind, und dann die Bindesubstanzen, welche die in der Leibeshöhle liegenden Organe überziehen und unter einander befestigen.

Das Mesoderm dient aber nicht bloß zur Vervollständigung und Ausrüstung der den übrigen Keimlagern entstammenden Organe, es liefert auch selbständige Körpertheile. Dahin gehört vor Allem das als Herz fungirende Rückengefäß, dessen Ringmuskeln (nach eigenen Beobachtungen) aus meist paarweise verschmelzenden Zellen entstehen, und dann die gewisse

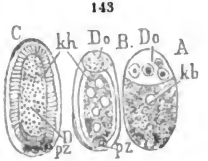
Digitized by Google

im ersten Band näher beschriebene Bauchpresse. Die übrigen Blutbahnen dagegen sind einfache Spalten des Mittellagers.

Der Leser dürfte nun von jedem der vielen Einzeltheile des Insektenorganismus anzugeben wissen, von welchem der drei Zellcomplexe, in die das embryonale Bildungsmaterial gesondert ist, sie ihren Ursprung nehmen. Nur von einem Organ, und zwar von einem der interessantesten, nämlich dem der Fortpflanzung, ist die Abkunft noch sehr zweifelhaft, möglicherweise aber auch bei den einzelnen Abtheilungen eine sehr verschiedene.

Während manche neuere Forscher die Geschlechtsdrüsen, ähnlich den Malpighi'schen Gefäßen oder den Nieren der Insekten, aus dem Enddarm hervorsprossen lassen, sie also auf das

143



144

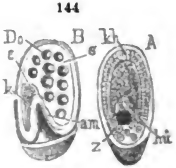


Fig. 143.
Eientwicklung einer Gallmücke (Cecidomyia), nach Mecznikow.
A Ei. Do Dotter-, k Keimfach.
B Do rückgebildetes Dotterfach. Theilung des Keimbläschens. pz Polzelle.
C Fertige Keimhaut (kh). Polzellen vermehrt.

Fig. 144.
Eientwicklung einer Larven gebärenden Blattlaus.
A kh Keimhaut, hü Keimhügel, z Mutterzelle des secundären Dotters.
B Fortgeschritteneres Stadium. s Verdünnte Keimhaut (Embryonalhülle), am Innenhülle, ks innerer Keimstreif, Do neugebildete Dotterkugeln, g Anlage der Geschlechtsorgane.

Exoderm zurückführen, haben zuerst Weismann und dann Mecznikow und Leukart eine ganz eigenthümliche und von den Keimblättern unabhängige Bildung angenommen. Nach diesen entsteht zur Zeit der Keimblasenbildung am

Digitized by Google

Hinterpole des Eies eine Zelle (Fig. 143 pz), welche der Entdecker deshalb auch als Polzelle bezeichnete.

Unter rascher Vergrößerung theile sich dann diese Zelle mehrmals und so entstehe eine ganze Gruppe von Zellen, gewissermaßen also ein selbständiger Geschlechtskeim.

Abschluß der Körperwandung.

Zwei Principe oder Systeme sind es, die in Bezug auf den Aufbau des Embryonalkörpers bei den verschiedenen Thieren befolgt werden, und wir bezeichnen sie kurz als den geschlossenen und den offenen Bau.

Einen geschlossenen Bau zeigte uns z. B. die Seewalze, insofern hier zuerst, wie bei Errichtung eines Hauses, der äußere Rohbau, d. i. die gesammte Leibeswand des Thieres vollendet und erst dann, ganz allmälig, auch das Innere organisirt wird.

Diese Bauart ist jedenfalls die ursprünglichste, und sie ermöglicht, wie das Beispiel der Seewalze zeigt, eine sehr baldige Benutzung des Baues, d. h. eine frühe Selbständigkeit und Lebensfähigkeit des Embryo.

Obwohl, z. Th. gewiß aus den angeführten Gründen, diese Bauart auch weitaus die verbreitetste ist, so kommt sie bei den Insekten nur ganz ausnahmsweise, nämlich nach Ganin's schönen Entdeckungen, bei gewissen in den Eiern anderer Thiere aufwachsenden Schlupfwespen vor, welche den Seewalzen ähnlich, in einem ganz oder doch beinahe keimblasenartigen Zustand und demnach auch ganz außerordentlich früh der Eihaut entschlüpfen.

Von einer offenen Bauart aber sprechen wir dort, wo sich die Embryonalanlage nicht über den ganzen Umfang des Dotters erstreckt, sondern wo der Embryo mit seiner Leibeswand nur ein Segment der Dotterkugel bedeckt und der noch

Digitized by Google

fehlende Leibeswandabschnitt erst nach und nach unter gleichzeitiger Ausbildung der inneren Einrichtung entwickelt wird.

Diesen Baustil finden wir u. A. bei den Wirbel- und Gliederthieren und speciell auch bei der großen Mehrheit der Insekten, bei welchen letztern, wie wir gehört, der Embryonalkörper anfangs nur durch den Bauchtheil vertreten ist und als eine streifenartig verdickte Zone der Keimblase erscheint.

Wir nannten aber die geschlossene Bauart im Gegensatz zu dieser die ursprüngliche, weil wir faktisch bei Wirbel- und Gliederthieren Beispiele haben, wo sich die typische offene Embryonalanlage (durch einen Keimstreif) an einem bereits lebensfähigen geschlossenen Embryo entwickelt.

Unsere Aufgabe ist es nun, den offenen Embryonalbau der Insekten noch einmal näher zu untersuchen und hauptsächlich dessen Abschluß, dessen allseitige äußere Vollendung zu verfolgen.

Zur Erläuterung nehme man zunächst den halbreifen Mückenembryo auf Fig. 145 vor. Derselbe gleicht, um uns möglichst kurz zu verständigen, einem mit Seitenrippen (die Segmente) versehenen offenen Kahn mit einem kleinen Vorderdeck d. i. der Kopfkappe (g).

Dieser kahnartige Embryo ist aber nicht leer, sondern auf seinem Boden findet man allerlei zu seiner künftigen Weltfahrt bestimmte Einrichtungen, wie z. B. die Ganglienkette, die Muskelplatten u. s. w., und außerdem ist der übrige Raum bis hoch über Bord mit dem Nahrungsdotter erfüllt, der den Zellen jenes Material liefert, mit dem seinerzeit ein vollständiges Verdeck gemacht und dem entsprechend auch die innere Einrichtung ergänzt werden soll.

Sowie man nun meistens ein in seinem Oberbau noch unfertiges Haus oder, um beim Vergleich zu bleiben, einen offenen und zugleich überfüllten Kahn mit einer Schutzdecke

Digitized by Google

verſieht, ſo iſt auch unſer Embryo und zwar, wie uns von früher bekannt, ſogar mit einer doppelten Hülle über-

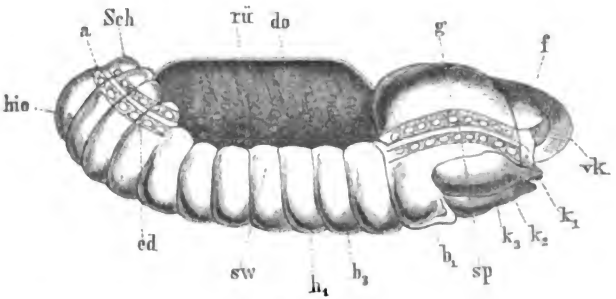


Fig. 145.

Profilanſicht eines faſt vollendeten Embryo von Chironomus (nach Weismann). vk Vorderkopf, g Gehirn, f Fühler, k1—k3 Kiefer, sp Speiſeröhre, ed Enddarm, beide durch Einſtülpung des Ectoderms gebildet und münden in do, den Dotterſack (Mitteldarm).

zogen, über deren Verhalten man nachſtehende Fig. 146 zu Rathe ziehe.

Die dicke, in der Mitte eingekerbte Lage (Ex) iſt der Querſchnitt durch unſern noch ſehr flachen Kahn. Soweit nun deſſen Wände reichen, geht auch eine dünne Decke, die Innen-

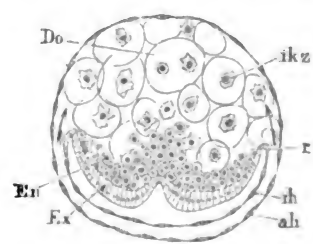


Fig. 146.

Digitized by Google

hülle (ih), welche ringsum mit den Kahnrändern verwachsen ist. Do ist dann die hoch über Bord aufgehäufte Ladung, welche mitsammt dem Embryo von einer zweiten Decke, der Außenhülle (ah), umspannt wird. Dasselbe sieht man auch am Schema Fig. 147 A, wo k der Embryo, i die Innen- und a die Außenhülle.

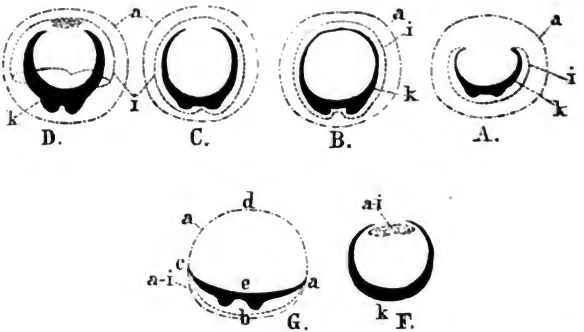


Fig. 147.

Schemata zur Erläuterung der Embryonalhüllen der Insekten mit sog. äußerem Keimstreif an Querschnitten.

k Keim, i Innen-, a Außenhülle, a-i verschmolzene Innen- und Außenhülle.

A Allgemeiner Typus.

B Stadium bei der Biene und bei Schmetterlingen (nach Kow.), mit zwei allseitig geschlossenen Hüllen.

C Stadium bei Phryganea, Donacia etc. (nach Melnik.), mit abgelöstem Keimstreif.

D Desgleichen nach erfolgtem Riß der Innenhülle.

F Desgleichen, wobei die am Rücken zusammengeschrumpfte Innen-Außenhülle von der dorsalwärts sich schließenden Haut des Embryo umwachsen wird (Dohrn).

G Von Hydrophilus (nach Kow.). Das größere Hüllensegment a d c verwächst mit dem Keimstreif a e c, während das kleinere a b c sich auflöst.

(Original.)

Die Frage ist nun, wie sich die Leibeswand des Embryo am Rücken ergänzt, wie sie also aus einer Rinne ein completes Rohr wird.

Digitized by Google

Für den Fall, als sich bei der Schließung der Leibeswand in irgend einer Weise auch die beiden, gleich dem Embryo selbst ja auch aus der Keimblase entstandenen Hüllen betheiligten, gäbe es selbstverständlich der Möglichkeiten oder Variationen wieder sehr viele, und siehe da, alle oder doch die meisten dieser Conjecturen sind auch faktisch schon angenommen worden.

Fragen wir aber einmal, welche Rückenschließungsweise erstens mit Rücksicht auf analoge Zustände bei den Wirbelthieren und zweitens mit Bezug auf die diesem Akte vorhergehende Faltenbildung an der Bauchseite wohl die naheliegendste sein möchte, so bietet sich die Lösung des Problems an der letzterwähnten Fig. 147 A so zu sagen von selbst dar.

Es brauchen nur die beiden Falten, welche die Embryowand mit der Innenhülle bildet und die wir früher als negative beziehungsweise als dorsale, d. i. zum Rücken hinstrebende bezeichneten, nach oben verlängern und über dem Dotter zusammenwachsen, so erhalten wir (Fig. 147 B) gleichzeitig 1) eine allseitig geschlossene Leibesform (k) und 2) eine letztere rings umgebende Innenhülle (i).

Sonderbarerweise ist aber diese einfachste Art der Rückenschließung erst zuletzt und zwar von Kowalewski für die Biene und (unter gewissen Modificationen) auch für die Schmetterlinge nachgewiesen, während von demselben Forscher für andere Insekten z. Th. noch die früheren Annahmen beibehalten werden.

Auf Grund ausgedehnter eigener Studien sind wir aber in der Lage, behaupten zu können, daß die Rückenschließung durch einfaches Verwachsen der Dorsalfalten die verbreitetste zu sein scheint und speciell auch bei solchen Insekten (z. B. Käfern) vorkommt, denen K. selbst sowie andere Embryologen, wie besonders Melnikow, ein abweichendes Verhalten zuschreiben.

Digitized by Google

Zu größerer Deutlichkeit beliebe man die Figuren 146 A B C (von Lina) zu vergleichen. Bei B liegen die Ränder der gewissen Dorsalfalten (r) noch sehr tief; der Embryo ist ein flacher Kahn.

Sie erheben sich aber rasch in der Richtung der Pfeile, und bei C stehen sie schon hoch am Rücken (r). Der Embryo gleicht einem stark überwölbten Boote.

An ganz durchsichtigen Embryonen z. B. bei Chironomus kann man übrigens diese Dorsalfalten auch direkt sich vereinigen sehen, und daß dies auch bei Lina geschieht und daß hier nach erfolgter Vereinigung faktisch außer der geschlossenen Leibesform auch eine sie rings umgebende Innen- und Außenhülle besteht, ist schon aus Fig. 141 (S. 433) zu ersehen, welche Figur zugleich die specifischen Eihüllen zur Ansicht bringt.

Von letztern unterscheidet man außen zunächst die derbe lederartige Eischale (ch), darauf die dünne meist nur an Schnitten wahrnehmbare Dotterhaut (dh). Nun kommen erst die eigentlichen Embryonalhäute. Die äußere derselben (ah) liegt unmittelbar der Dotterhaut an und ist einer den Embryo einhüllenden Windel zu vergleichen. Die innere Hülle hingegen (ih) gleicht einem zarten Kleide, das sich allen Unebenheiten des Embryo anschmiegt. Wir unterscheiden daran eine Haube für den Kopf, einen Kragen für den Hals, eine Decke für den Rücken, Scheiden für die Beine u. s. w. Erst auf diese Membran folgt dann die eigentliche und zwar schon mit einer Chitinlage versehene Haut des jungen Insekts, welche in Folge der Präparation sich bisweilen ablöst.

Das Wachsthum der gewissen inneren Falten, durch welche die obere Leibeswand gebildet wird, erfolgt fast allgemein so, daß sie, knapp unter der äußeren Hülle liegend, den freiliegenden Dotter von allen Seiten umspannen und schließlich

Digitized by Google

nach ihrer Vereinigung denselben vollständig zwischen sich einschließen. Eine bemerkenswerthe Ausnahme machen aber, wie zuerst Kowalewski und Dohrn zeigten, die Schmetterlinge. Hier neigen sich nämlich die freien Ränder der offenen Keimstreifrinne nicht über, sondern innerhalb des Dotters zusammen, und nach stattgefundener Vereinigung bleibt ein großer Theil des letzteren außerhalb des geschlossenen Embryo auf dem Rücken liegen.

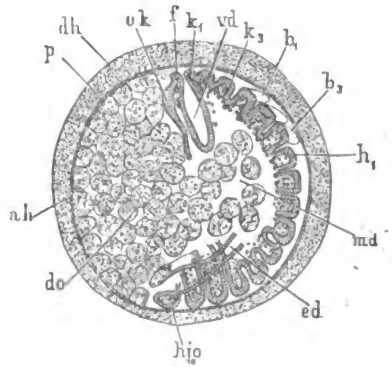


Fig. 148.
Längsschnitt durch ein 10 Tage altes Ei des Schwammspinners mit Hinweglassung der Schalenhaut.
dh Dotterhaut, ah äußere Hülle (die innere vom Xylographen übersehen worden), p peripherischer, do eigentlicher Dotter, uk Urkopf („Seitenplatten"), f Fühler vd blindsackartiger Vorderdarm, k1—k3 Kiefer-, b1—b3 Beinanlagen, h1—h10 Hinterleibsringe (die letzten bereits geschlossen), ed Enddarm, md künftiger Mitteldarm. (Original.)

Näher erläutert wird dies Verhalten durch unsern Längsschnitt Fig. 148. Die zweite Kreislinie ah ist die äußere Hülle, welche den Embryo sammt dem Dotter umgibt. Die convexe unmittelbar der Außenhülle anliegende Seite des Embryo ist

Digitized by Google

deſſen Bauchtheil. Zwiſchen dem Kopf (vk) und dem Schwanzende (hio) bemerkt man ferner und zwar auf der Rückenſeite eine nabelartige Oeffnung, durch welche der Innenraum des Embryo mit dem äußeren Dotter zuſammenhängt. Letzterer wird ſpäter, nach vollzogener Rückenſchließung, vom Embryo durch den Mund aufgenommen, iſt alſo ein „Nahrungs"-dotter im ſtrengſten Sinne dieſes Wortes.

Die Falter zeigen noch eine andere Eigenthümlichkeit. Während ſonſt die äußere Hülle (ah) der Dotterhaut eng anliegt, findet man hier ganz allgemein zwiſchen dieſen Membranen einen größeren Zwiſchenraum, der mit einer am gehärteten Ei bröſelig geronnenen Subſtanz erfüllt iſt. Mit der äußeren Hülle ſelbſt wird ſpäter auch dieſer peripheriſche Dotter vom Fötus aufgezehrt. Nebſtbei ſchwitzt dann die äußere Hülle noch eine beſondere Chitinhaut aus.

Ganz kurz ſeien nun noch die übrigen Rückenſchließungshypotheſen berührt.

Die der ſicher erwieſenen Faltungstheorie am nächſten ſtehende iſt von Melnikow, der, vor der völligen Vereinigung der Falten, die Leibeswand von der Innenhülle ſich losreißen und hierauf, beiderlei Membranen unabhängig von einander ſich ſchließen läßt. Bei der Hülle ſollte dies (vgl. Schema 147 C) früher geſchehen.

Die übrigen Anſichten kann man als Einſtückelungshypotheſen zuſammenfaſſen, da ſie alle auf der Annahme beruhen, daß der Rückentheil der Leibeswand direkt durch Einfügung der Hüllen entſtehe. Da gibt es aber, was gewiß nicht ſehr für die Richtigkeit dieſer Anſchauungen ſpricht, nicht weniger als drei Variationen. Die Completirung oder Ausflickung des Rückens ſoll nämlich entweder durch die Innenhülle oder durch die Außenhülle allein, oder durch beide zugleich geſchehen.

Digitized by Google

Die erste Variation, durch Mecznikow vertreten, ist in Fig. 147 D fixirt. Hier soll dem Abschluß des Rückens durch die Innenhülle ein Zerreißen der letzteren vorausgehen, ein Vorgang, der auch faktisch nicht selten z. B. bei Phryganea vorkommt.

Fraglich ist es aber noch, ob die aus dem Zerfall der Innenhülle hervorgehende und dem noch offenen Rücken pfropfartig aufsitzende Zellmasse direkt in die Leibeswandung übergeht. —

Die zweite dieser Anschauungen nennen wir kurz die Kowalewski'sche. Trotz ihrer Complicirtheit wollen wir versuchen, sie dem Leser deutlich zu machen. Er betrachte den Querschnitt in Fig. 147 G. Der dunkle Streif cea ist die bauchständige Keimanlage. Darunter bemerkt man nun zwei Linien: cba. Davon ist eine die Innenhülle, die andere der ventrale oder untere Abschnitt der Außenhülle. Der Bogen (cda) über dem Keimstreif ist das obere Segment der Außenhülle. Kowalewski nimmt nun an, daß in einem gewissen Stadium die Hüllgebilde unter dem Keimstreif (a-i) verschwinden und daß gleichzeitig der auf diese Art isolirte Keimstreif mit dem obern Theil der äußeren Hülle zusammenwachse. Der eigentliche Keimstreif würde also die Bauchhemisphäre, die äußere Hülle die Rückenhemisphäre des Thieres bilden. Die Hülle selbst gehe aber zu dem Zwecke ganz eigenthümliche Veränderungen ein, welche in gewissem Sinne die früher am Keimstreif abgelaufenen wiederholen.

Zunächst bilde sich auf ihr (Fig. 151) eine Verdickung, die Rückenplatte (rp). Dann erheben sich die dünnen Randstellen in Gestalt zweier Falten (rw), welche über der Platte zusammenwachsen und dieselbe in ein (Rücken-) Rohr verwandeln. Letztere Vorgänge wären nicht bloß an Querschnitten, sondern auch an Totalansichten des Embryo bemerkbar.

Digitized by Google

So zeigt uns Fig. 149 A die Rückenplatte (rp) sowie die seitlichen Falten, welche sich hinten bei f bereits zu einem Blindsack vereinigt haben. Indem dieser Sack sich nach vorne verlängert, entsteht das bei B sichtbare Dorsalrohr.

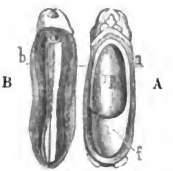


Fig. 149.
Embryonen von Hydrophilus von der Rückenseite, nach Kow.
A rp Rückenplatte.
B Rückenrohr.

Die weiteren Veränderungen dieser merkwürdigen Bildung zeigen Fig. 150 A und B. Das Rohr (rro) schnürt sich allmälig von der Rückendecke ab und geht schließlich (B) und zwar innerhalb des Darmes spurlos zu Grunde. —

Wir erwähnen noch flüchtig, daß Dohrn dieses Kowalewski'sche Rückenrohr für die zerrissene und auf dem Rücken sich zusammenziehende Außen-Innenhülle betrachtet, die dann schließlich (Schema 147 E) unter ganz

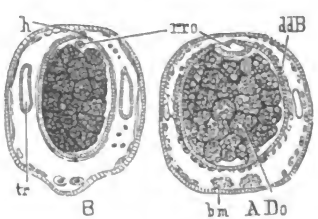


Fig. 150.

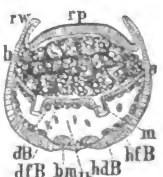


Fig. 151.

Querschnitte durch obige Embryonen, nach Kow.
rp Rückenplatte, rw Rückenwülste, rro Rückenrohr.

ungewöhnlichen Umständen von der Leibeswand überwachsen würde. —

Ob es nun in jedem einzelnen Falle so oder so ist, läßt sich a priori allerdings schwer entscheiden; das aber darf man

Digitized by Google

wohl ſagen, daß das endliche Schickſal der Hüllen z. Th. ein ſehr verſchiedenes iſt.

So viel über die äußere Vollendung der „Außenkeimer“.

Es erübrigt uns noch zum Schluße, auf den Innenkeim zurückzukommen, den wir in Fig. 127 in einer handſchuhfingerartigen Einſtülpung der Keimblaſe verließen.

Beiſtehende Figur 152 A führt uns nun einen ſolchen, aber bis auf den fehlenden Rücken ſchon ſehr entwickelten Binnenembryo einer Libelle neuerdings vor.

Wie wird nun dieſer ſeinen Rücken erhalten? Im Ganzen, wie aus eigenen Schnitten zu erſehen, auf dieſelbe Weiſe d. h. durch Verlängerung der gewiſſen (auf Fig. 127 mit r angedeuteten) Rückenfalten.

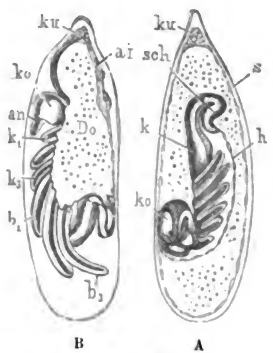


Fig. 152.
Embryone von Calopteryx (Libelle) in der Eiſchale, nach A. Brandt.
s äußere Hülle (Keimblaſe), ku kuchenartige polare Verdickung derſelben, h innere Hülle, ko Kopf, sch Schwanz des Embryo.
an Fühler, k1—k3 Kiefer, b1—b3 Beine.

Wie Fig. 152 A zeigt, iſt aber hier nicht aller Dotter wie bei den Außenkeimern über dem Rücken des Embryo vereinigt, und eben dies ſcheint, bevor es zum völligen Abſchluß des letztern kommt, im Verein mit andern Urſachen eine auffallende Lageveränderung nothwendig zu machen.

Der rinnenförmige Embryo ſtülpt ſich, um es kurz zu ſagen, mit dem Kopf voran, aus ſeiner Taſche hervor und nimmt die auf B bezeichnete Außenkeimlage an, wobei, wie durch künſtliche Imitation dieſes Vorganges an einer Doppelblaſe zu beobachten, die gleichzeitig zerreißenden, aber der

Digitized by Google

Embryowand ſich eng anpreſſenden Hüllen den proviſoriſchen Rücken bilden. —

Mögen übrigens hier ſowohl als in den früheren Fällen die zelligen Hüllen was immer für Veränderungen erleiden, ſo werden ſie doch ſchließlich immer vom Embryo vollſtändig reſorbirt, und hierin liegt ein wichtiger Unterſchied gegenüber dem bekannten Schickſal der analogen Gebilde bei manchen Wirbelthieren.

Digitized by Google

II. Theil.

Entwicklung nach dem Verlassen des Eies (Postembryogenese).

Die Erfahrung lehrt, daß die Entwicklung der aus Eiern (oder sonstwie) erzeugten Nachkommen eines Thieres früher oder später mit einem Zustand ihren definitiven Abschluß findet, der, von unwesentlichen Modificationen abgesehen, nichts Anderes als eine Wiederholung des Zeugungsorganismus, oder eine Wiederherstellung des Ursprünglichen ist. Diesen Zustand nennt man bekanntlich das Reifestadium, und charakterisirt sich dasselbe 1) durch eine gewisse Normalgröße, 2) durch eine bestimmte Körpergestalt und 3) endlich, durch die Fähigkeit der geschlechtlichen Fortpflanzung.

Dies Gesetz hat nun, wie jeder weiß, auch auf die Insekten Anwendung, d. h. aus dem Ei eines Schmetterlings z. B. entsteht immer wieder ein Schmetterling, aus dem Ei der Biene eine Biene und niemals etwas Anderes.

Ohne uns jetzt zu fragen, ob die Vorgänge während der früher behandelten ersten Entwicklungsperiode immer von der Art sind, daß dabei, bildlich zu sprechen, stets nach dem endlichen Ziele hingearbeitet wird, wollen wir nunmehr das letzte Resultat dieser Entwicklung, d. i. den fertigen Embryo mit seinen Eltern vergleichen.

Digitized by Google

Und da zeigt sich sofort einmal, daß der ausgebildete Embryo oder was dasselbe ist, der junge Nach- (Post-) Embryo bei sämmtlichen Insekten in mehrfacher Hinsicht vom definitiven Zustand verschieden ist, und dann daß die Größe dieses Unterschiedes bei den verschiedenen Insekten eine außerordentlich ungleiche ist.

Die allgemeinen Unterschiede liegen 1) in der Größe. Kein Embryo ist bekanntlich so groß wie das Mutterthier, sondern, und oft um das Hundertfache, kleiner als das letztere. Sie liegen dann 2) in der Unfertigkeit der Zeugungsorgane resp. in der Unfähigkeit zur geschlechtlichen Fortpflanzung.

Schon daraus folgt, daß die Entwicklung des Insekts mit der Embryonalperiode noch nicht zu Ende ist, sondern daß es auf alle Fälle noch wachsen und gewisse Organe weiter ausbilden muß.

Aus dem Umstande, daß das junge Insekt wachsen oder an Masse zunehmen muß, folgt ferner, daß diese Veränderungen nicht mehr an einem nach außen hin unthätigen Wesen vor sich gehen können, sondern daß das sich weiter Entwickelnde, wofür es eben im Ei die nöthige Ausrüstung an Sinnes-, Bewegungs- und Aufnahmsorganen erhalten hat, in Zukunft für sich selbst zu sorgen hat.

Mit dieser, wie es scheint, dem mündig gewordenen Insektensprößling nicht so unangenehmen Obliegenheit, ist aber auch eine Plage, nämlich die in Folge des Wachsthums nothwendig werdende periodische Häutung verbunden.

Um nun auf die besonderen d. h. auf die von Art zu Art wechselnden Unterschiede zwischen dem jungen Postembryo und dem Reifestadium zu kommen, so handelt es sich dabei um diverse mehr weniger auffallende Abweichungen in Bezug auf die ganze Körpergestaltung, und so müssen dem Endstadium selbstverständlich eine Reihe von Neuerungen und Wandlungen

Digitized by Google

vorausgehen, die es, im Zusammenhange mit den früher bezeichneten Zustandsveränderungen, vollkommen gerechtfertigt erscheinen lassen, die postembryonalen Vorgänge nur als Fortsetzung und Vollendung der Embryonalentwicklung aufzufassen.

Bevor wir aber in ausführlicher und systematischer Weise auf die Schilderung und Vergleichung dieser, wie sich zeigen wird, nur allzu mannigfaltigen und verwickelten Er-

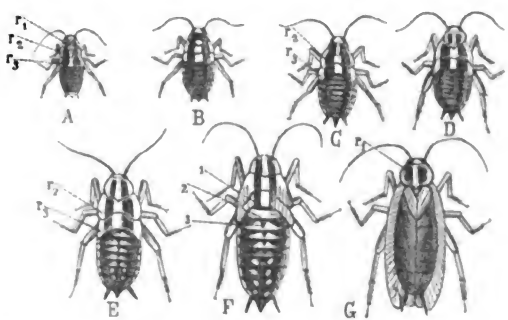


Fig. 153.
Zur Entwicklung der Küchenschabe (Blatta germanica), 1½ vergr. r1 Vorderrücken, r2 Mittel- und r3 Hinterrücken. Aus den hintern Seitenrändern der letztern zwei Platten entstehen die Vorder- und Hinterflügel. A 1., B 2., C 3., D 4., E 5., F 6. Entwicklungsstadium, G das vollendete Insekt. 1, 2, 3 erster, zweiter und dritter Hinterleibsring. (Original.)

scheinungen eingehen, dünkt es uns zumal für den Nichtfachmann sehr wünschenswerth, ihn an der Hand etlicher Beispiele schon zum Vorhinein über einige der wichtigsten Thatsachen und der darauf bezüglichen Begriffe zu orientiren und so auf das Weitere vorzubereiten.

Auf vorstehendem Bilde (153) wird zunächst die „freie" Entwicklung eines allen Lesern bekannten Kerfs, nämlich

Digitized by Google

der Küchenschabe vorgestellt, jedoch selbstverständlich nicht in allen einzelnen überhaupt unterscheidbaren Bildungszuständen, sondern nur in sieben durch die Häutung markirten *Hauptstadien* (A—G). Auch ohne diese Abbildung weiß man, daß die ganz jungen „Russen" bis auf die fehlenden Flügel und einige andere Unvollkommenheiten den „Alten" gleichen, sowie, daß sie mit jeder Häutung unter zwar sehr langsamer, aber doch stetiger Entfaltung der Flügel-„Ansätze" am Mittel- und Hinterrücken (r_2, r_3) denselben immer ähnlicher werden.

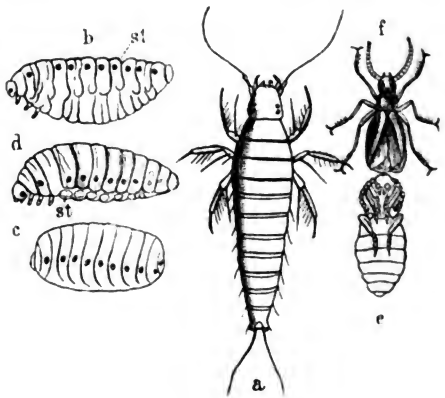


Fig. 154.
Entwicklung von Sitaris humeralis (s. S. 296).

Da nun alle diese Bildungsstadien — vom ersten bis zum letzten — und zwar auch innerlich genau denselben Typus haben, so nennen wir diese *Entwicklungsweise die gleichförmige oder homotypische*.

Ganz anders verhält es sich mit den in Fig. 154 abgebildeten sechs Hauptphasen eines schon früher einmal er-

Digitized by Google

wähnten Käfers, nämlich von Sitaris. Hier iſt nur die letzte der vorgeſchlechtlichen Entwicklungsformen (e) dem Endſtadium d. i. dem Käfer (f) ähnlich, während die vier vorhergehenden (d, c, b, a) ſowohl unter einander als auch vom letztgenannten verſchieden ſind. Und zwar betrifft dieſer Unterſchied, man vergleiche z. B. e mit f, nicht etwa bloß die neben-

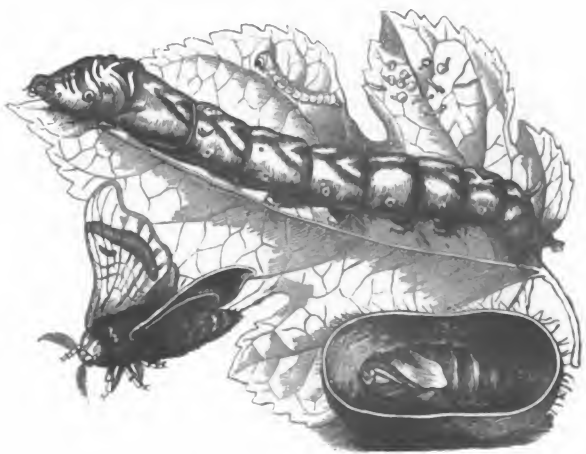


Fig. 155.
Raupe, Puppe, Schmetterling (Seidenſpinner).

ſächlichen Theile, ſondern es iſt offenbar der ganze Habitus, die ganze Perſon eine andere, und eine innere Zergliederung und ſtückweiſe Confrontirung der Organe würde gleichfalls viele und ſehr bedeutende Differenzen ergeben.

Weil nun hier in der ganzen Reihenfolge der Umänderungen mehrere und z. Th. ganz unähnliche, ja typiſch

Digitized by Google

verschiedene Zustände auftreten, so nennen wir diese Entwicklung eine ungleichförmige*) oder heterotypische.

Die Art von ungleichförmiger Entwicklung, wie wir sie bei Sitaris und manchen andern Insekten finden, ist aber nicht die gewöhnliche. Die Regel ist nämlich, daß dem Reifestadium nicht mehrere, sondern, wenigstens nach der vulgären Auffassung, nur zwei verschiedene Zustände vorhergehen.

Man besehe sich zu dem Zwecke die Entwicklung des Maulbeerspinners in Fig. 155.

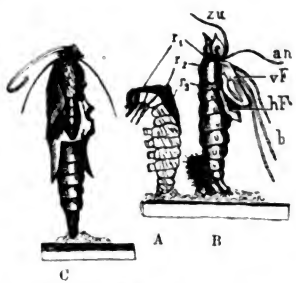


Fig. 156.
Verwandlung des Nesselfalters (Vanessa Urticae).
A Raupe, an einem Ast hängend, mit am Rücken aufspringender Chitinhaut. r1—r3 Vorder-, Mittel-, Hinterrücken.
B Puppe, unmittelbar nach dem Abstreifen der an ihrer Hinterleibsspitze eingeklemmten Raupenhaut. zu Zunge, an Fühler, vF Vorder-, hF Hinterflügel, b Beine. Alle Anhänge frei.
NB. Beide Figuren hat man sich in hängender Lage zu denken.
C Falter, die Puppenhülle verlassend. Nat. Gr. (Original.)

Aus dem Ei (ganz oben auf dem Blatt kommt ein kurz- aber vielbeiniges Geschöpf, das dank seiner Gefräßigkeit sehr rasch zu dem großen „Wurm" (auf der Mitte des Blattes) heranwächst, der trotz mehrmaliger Häutung, wenigstens im Ganzen, immer unverändert, immer derselbe bleibt. Da nun alle Veränderungen dieses Wesens hauptsächlich nur auf Zunahme der Größe hinauslaufen, so nennen wir es das Wachsthumsstadium.

Wie Fig. 156 in Erinnerung bringt, geht nun, wenn diese Form (A) das letzte Mal die Haut abstreift,

*) Dieser Entwicklungsmodus wird gewöhnlich aber in durchaus nicht bezeichnender Weise als „Hypermetamorphose" aufgeführt.

ein ganz unerwartetes Wesen (B) daraus hervor, das, namentlich gleich nach der Häutung, die unverkennbarste Aehnlichkeit mit einem Schmetterlinge hat, jedoch später wieder, indem seine Anhänge, die Fühler (an), Beine (b), Flügel (vF, hF) u. s. w. mit der gleichzeitig erstarrenden Körperhaut verlöthen, einen ganz absonderlichen Charakter annimmt.

Gleich der früheren Form bleibt auch diese, äußerlich betrachtet, immer dieselbe, nur daß hier auch aus naheliegenden Gründen das Wachsthum wegfällt, ja im Gegentheil (vgl. Fig. 155) eine bedeutende Volumsverkleinerung erfolgt.

Nachdem nun aber dieses Geschöpf eine Zeit lang wie todt dagehangen, springt seine Haut auf (C) und hervortritt der wahre Falter in all seiner Farbenpracht und Flatterhaftigkeit.

Damit ist in Kürze eine Vorstellung jener Entwicklungsweise gegeben, die man als Metamorphose, als Verwandlung bezeichnet.

Hinsichtlich der Bedeutung dieser Ausdrücke muß aber gleich bemerkt werden, daß dieselben ursprünglich jener sonderbaren Einschachtelungs- resp. Auswickelungstheorie entsprangen, mit der man sich von Hippon und Diogenes an bis herauf in die Zeit eines Leibnitz, Bonnet und Haller die so auffälligen Erscheinungen der Insektenbildung gar bequem zu erklären suchte. Alles, was werden soll, so stellte man sich vor, also auch das vollendete Insekt ist wenigstens in nuce bereits im Embryo vorhanden, man kann es aber nicht sehen, weil es in verschiedene Hüllen eingewickelt ist, und auch kaum dessen wahre Gestalt errathen, da diese Hüllen ganz andere Gestalten vortäuschen. Mit andern Worten, die definitive Form oder das Imago ist verschleiert, maskirt durch die Haut

Digitized by Google

der Larve und z. Th. auch noch durch die der Puppe, als welche man die dem Imago ähnliche und unmittelbar vorhergehende Verwandlungsstufe nicht ganz passend und consequent bezeichnete.

Man unterschied also erstens nur so viele Verwandlungsformen, als es Häutungen gibt, und dachte sich dieselben als gleichzeitig neben und in einander existirende, selbständige und scharf gesonderte Zustände.

So unsinnig und lächerlich nun auch die Annahme einer mit einer Puppe und einem Schmetterling schwanger gehenden Raupe ist, so kostete es doch den Begründern der Entwicklungslehre, einem Ch. Wolf, Pander, Baer, Herold u. s. w. nicht geringe Mühe, ihre Fachgenossen zu überzeugen, daß die genannten Formen nur Differenzirungen und Umbildungen einer und derselben Wesenheit sind, und daß insbesondere Larve, Puppe und Imago eine und dieselbe Haut besitzen, die allerdings sehr verschiedene Gepräge annehmen und dem entsprechend auch sehr ungleich aussehende Chitinbälge absondern kann. Leider gibt es auch noch heute Entomologen, die mit den alten Ausdrücken auch die alten irrthümlichen Vorstellungen verbinden, die also z. B. glauben, daß die Raupe, weil sie, äußerlich besehen, niemals Flügelansätze zeigt, auch überhaupt, wenigstens nicht vor der vorletzten Häutung, dergleichen besitzt, als ob je eine organische Bildung plötzlich und unvermittelt entstehen, oder wie mit Zauberschlag in eine andere sich verwandeln könnte.

Für uns hingegen sind die alten Verwandlungstermini „Larve" und „Puppe" nur summarische Bezeichnungen für ganze lange Reihen oder Perioden successive in einander übergehender Entwicklungszustände, die aber, unter dem Ein-

Digitized by Google

fluß der Existenzbedingungen, eine gewisse äußere Uebereinstimmung zur Schau tragen.

Um aber zu constatiren, daß die „Larve" in der That nur ganz allmälig in die „Puppe" und letztere wieder eben so successive in das Imago übergeht, oder daß mit andern Worten einerseits zwischen Larve und Puppe und anderseits zwischen Puppe und Imago mehrere (deutlich unterscheidbare) Zwischenstadien liegen, dazu ist gar nicht immer, wie etwa bei den Schmetterlingen, eine innere Untersuchung, beziehungsweise die Entfernung des Chitinkleides nothwendig; bei manchen Insekten sind diese Mittelstufen schon äußerlich zu erkennen.

Wenn sich der Leser eine Bruttafel der Honigbiene verschafft, viele der schon bedeckelten Zellen öffnet und deren

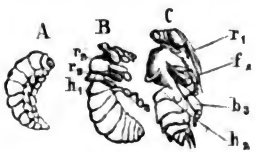


Fig. 157.
Zur Verwandlung der Honigbiene.

A Fast ausgewachsene Larve.
B Halbpuppe. r_2 Mittel-, r_3 Hinterrücken, h_1 1. Hinterleibsring, Vorder- und Hinterflügel kleine (sich noch nicht deckende) Läppchen, Beine (b_3) stummelartig, Rüssel kurz.
C Vollpuppe. r Rüssel, f_2 Vorderflügel, die hintern bedeckend, b_3 vollständig ausgeprägtes Hinterbein, h_2 erster freier Hinterleibsring (der 1. eigentliche Abdomenring der Larve mit dem Brustkorb resp. dem Metanotum verwachsen). Nat. Größe. (Original.)

Bewohner herausnimmt, so wird er unter den letzteren viererlei scharf unterschiedene Formzustände finden, nämlich 1) ausgewachsene Larven (Fig. 157 A), 2) ausgebildete Bienen und

Digitized by Google

endlich 3) zwei Formen von Puppen (B und C), wovon die eine (C) bis auf die kleinen Flügellappen (f_2) schon ganz an das Imago erinnert, während die andere (B) zwischen der genannten (echten) Puppe und der Larve die Mitte hält.

Man beachte nur Einiges. Die **Vorpuppe**, so nenne ich B, zeigt, vom Kopf abgesehen, am Stamm eine der Larve noch ähnliche, homonome (gleichartige) Segmentirung, wenn auch der zweite Brustring (r_2), als Träger der Vorderflügel, schon etwas verdickt und mit dem dritten (r_3) verwachsen ist. Dagegen ist an der echten Puppe die ganze Flügelbrust schon fast so stark wie beim Imago aufgetrieben und mit dem ersten Hinterleibsring ($B\,h_1$) zu einem mächtigen Thorax verschmolzen. Aehnlich ist's mit den Anhängen. Bei der echten Puppe haben zumal Rüssel (r), Fühler und Beine (b_3) schon beinahe, bis auf die feinere Modellirung, die definitive Beschaffenheit; bei der Halbpuppe hingegen sind die Mundtheile noch kurz (etwa denen einer Blattwespe vergleichbar), desgleichen die Flügellappen, und insbesondere gilt dies von den Beinen (b_3), an denen noch kein Tarsus zu sehen ist.

Sowie man sich nun bei vielen bienenartigen Insekten genöthigt sah, zwischen Larve und Vollblut-Puppe eine „Semipupa" oder „Subnympha" einzuschieben, so spricht man bei den Eintagsfliegen schon seit Langem von einem Sub-Imago, und zwar, wie allbekannt, aus dem Grunde, weil hier (wenigstens bei einzelnen Gattungen) dem Imago eine Form vorausgeht, welche letzterer viel ähnlicher als der eigentlichen Puppe ist.

Wir haben nun zwei Hauptarten von Postembryogenese kennen gelernt. Bei der einen (Küchenschabe) ist der junge Postembryo dem Imago sehr ähnlich, d. h. er bringt den imaginalen Charakter schon aus dem Ei mit, und geht daher die Ausbildung zum geflügelten und geschlechtsreifen

Digitized by Google

Imago, d. i. die vollständige Imaginalisirung, ohne irgend welche auffallende Gestaltveränderungen von Statten.

Man nennt dies eine Entwicklung ohne Metamorphose (Ametabolie).

Bei der zweiten Art von Postembryogenese aber (Schmetterling) ist der junge Postembryo dem Imago sehr unähnlich, d. h. er hat aus dem Ei, was gewiß sehr sonderbar ist, nicht den richtigen, den imaginalen Charakter, sondern einen falschen oder larvalen Typus mitgebracht, und um den erstern zu erhalten, um, freilich auf Umwegen, doch zum definitiven Ziele zu gelangen, ist eine tief eingreifende Umänderung des larvalen Zustandes nöthig, die Imaginalisirung beruht, wie man sagt, auf Entwicklung mit Metamorphose (Metabolie).

Nach diesen jedenfalls sehr verschiedenen Entwicklungsarten hat man nun versucht, die Insekten in zwei große Heerhaufen zu theilen, in die Ametabola, die Verwandlungslosen, und in die Metabola, die mit Verwandlung.

Diese Eintheilung würde natürlich voraussetzen, daß der Postembryo der einen Gruppe stets einen rein imaginalen, der der andern aber einen ausgesprochen larvalen Charakter hätte, oder mit andern Worten, daß das junge Thier der einen dem ausgebildeten ganz ähnlich und das der andern ganz unähnlich wäre.

Nun besehe man einmal den im Wachsthum schon ziemlich weit vorgerückten Postembryo einer Eintagsfliege in Fig. 158. Hinsichtlich der eigentlich typischen Verhältnisse, der Gliederung, der diversen Kopf-, Brust- und der terminalen Hinterleibsanhänge erinnert das Wesen vollkommen an das Imago, es ist also imaginal. Neben diesen imaginalen Merkmalen besitzt es aber noch andere, wie die seitlichen Kiemenflossen, die das Imago nicht hat und die das Thier, ähnlich den Stummelbeinen der Raupen, überhaupt nur vorübergehend nur provisorisch,

Digitized by Google

während seines Wasserlebens, braucht. Es ist aber auch sonst noch Manches anders wie beim Imago, z B. in den Mundtheilen, in der Beschaffenheit der Beine u. s. w., und die vollständige Imaginalisirung beruht also nicht bloß auf dem Abwerfen der genannten provisorischen Bildungen, sondern es sind auch wirkliche Abänderungen oder Umwandlungen nothwendig.

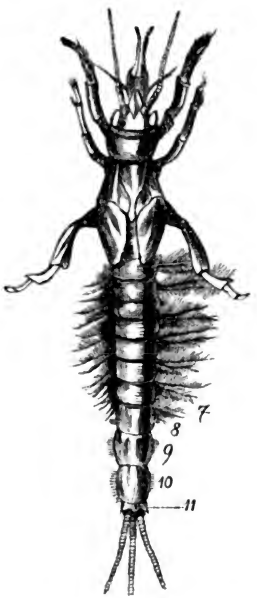


Fig. 158.
Larve einer Eintagsfliege (Ephemera). An den ersten 6 Hinterleibsringen federartige Tracheenkiemen. (Original.)

Nun, ist dies eine imaginale oder eine larvale Entwicklungsform, geschieht die Entwicklung hier ohne oder mit Metamorphose?

Der Leser wird sagen, es ist etwas vom Einen und auch vom Andern vorhanden; die „junge" Ephemera ist eine Halb-Larve und ihre Entwicklung eine Halb-Verwandlung (Hemimetabolie).

Soll aber die an Abstufungen und Uebergängen so reiche Natur wirklich nur zwei oder nur drei Entwicklungsweisen darbieten, oder ist dies nicht auch eine so erzwungene Distinktion wie die Dreitheilung in den Zustand der Larve, der Puppe und des Imago?

Und es ist, wofür der einigermaßen insektenkundige Leser die Belege sich selbst geben kann, in der That so.

Digitized by Google

So wie es keine „einfache“ Entwicklung gibt ohne Umbildung, ohne Metamorphose, so gibt es auch keine Metamorphose ohne einfache Entwicklung, sondern was wirklich vorkommt, das sind nur Mischungen von beiden, jedoch in unzähligen Graden und Schattirungen.

Nachdem wir uns so, durch ein freies, selbständiges Anschauen der Wirklichkeit, aller Vorurtheile entschlagen und uns nicht mehr durch Systeme gebunden fühlen, mag der Leser zum Zweck des Ueberblickes über die Verwandlungsarten bei den einzelnen Insektengruppen das nachstehende Tableau (Fig. 159) durchgehen.

Es ist so eingerichtet, daß in der ersten Verticalcolumne (links) die Imagines, in der zweiten die zugehörigen „Larven“ und in der dritten die „Puppen“ stehen, während die noch übrigen zwei Reihen anderweitige, aber nach denselben Gruppen geordnete Entwicklungszustände vorführen.

Die Vergleichung in der Verticalrichtung gibt also die Uebersicht bei den verschiedenen Ordnungen, jene in den Horizontalreihen die Entwicklung eines und desselben Insekts.

Zu oberst (a) steht ein flügelloser Borstenschwanz, b und c zeigen, daß es sich nur um geringfügige Veränderungen handelt (Ametabolie). Die 2. und 3. Horizontalreihe zeigen uns eine Küchenschabe (f), die Ordnung Orthoptera (Geradflügler) repräsentirend, dann eine Baumwanze (l) als würdigste Vertreterin der Schnabelkerfe (Rhynchota). Die Entwicklung ist ähnlich und von früher bekannt, „Larven“ (hier Junge genannt) (g und m) imaginal. (Ametabolie mit Entwicklung von Flügeln ꝛc.)

Viertens sieht man (q) eine Eintagsfliege (Pseudo-Neuroptera). Larve, schon vorgekommen, mit provisorischen Organen (typische Hemimetabolie).

Digitized by Google

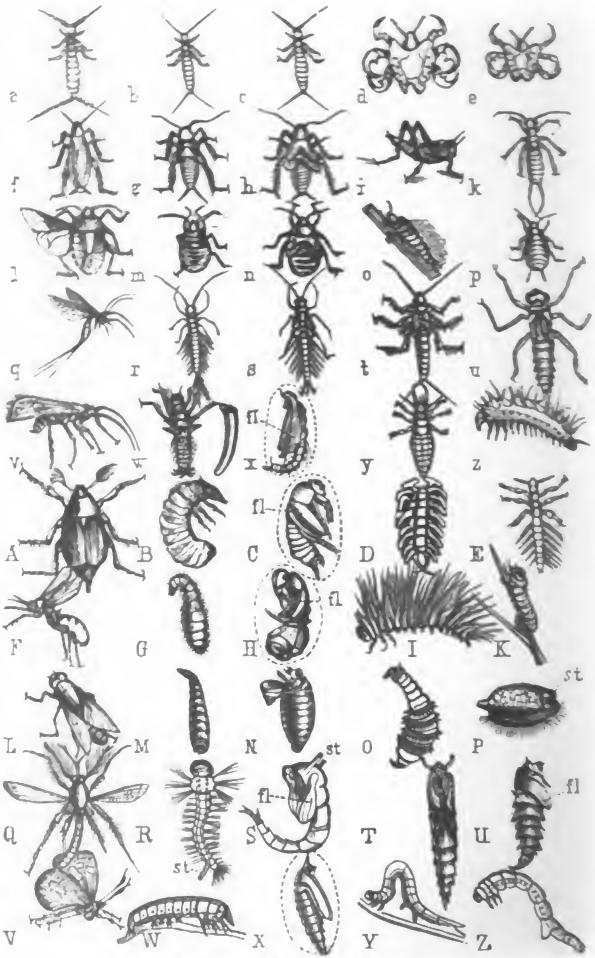


Fig. 159. (Erklärung s. S. 463.)

Digitized by Google

Es folgt (v) ein echter Netzflügler (Köcherjungfer) mit larvalem Poſtembryo (w) (ſchwache Holometabolie). Holometabol, aber in ſehr ungleichem Grade, ſind auch alle die übrigen: die Käfer (A, B), die Hautflügler (F, G), die kurzfühlerigen Zweiflügler (L) mit „kopfloſer" Larve oder Made (M), ferner die langhörnigen Diptera (Q, R) und endlich die Schmetterlinge (V, W).

Betreffs der hier zunächſt übergegangenen Puppen der „Holometabolen" iſt die mancher Mücken (S) frei beweglich, die der Fliegen (N) in der verharſchten Larvenhaut eingezwängt (Tonnenpuppe mit manchen Uebergängen auch bei einigen Käfern = Pupa coarctata). Die Puppe mancher

Erklärung zu Fig. 159.

Vergleichende Zuſammenſtellung der freien Entwicklungsformen einiger Inſektentypen.

Die einzelnen Horizontalcolumnen enthalten Repräſentanten je einer der Inſekten-Hauptgruppen. In der 1. Verticalcolumne ſind die Imagines, in der 2. die Larven, in der 3. die „Puppen" der verſchiedenen Inſekten-Ordnungen dargeſtellt; in der 4. und 5. Verticalcolumne kommen dann noch ein paar Vertreter (Larve oder Puppe) der betreffenden Ordnung vor.

1. Reihe: ſog. Aptera. a—c Thysanura, Springſchwänze: Campodea, d, e Filzlaus (Phthirius pubis).
2. Reihe: Orthoptera, Geradflügler. f—h Küchenſchabe (Blatta germanica), i junge Schnarrheuſchrecke, k junger Ohrwurm.
3. Reihe: Rhynchota, Schnabelkerfe. l—n Baumwanze, o Larve der Schaumzirpe, p junge Blattlaus.
4. Reihe: Neuroptera orthoptera, Netzflügler. q—s Eintagsfliege, t Nymphe von Perla, u Nymphe einer Libelle.
5. Reihe: Neuroptera s. str. v—x Köcherjungfer, y Larve von Chrysopa, z Larve von Bittacus.
6. Reihe: Coleoptera, Käfer. A—C Maikäfer, D Larve von Drilus, E Larve von Dyticus.
7. Reihe: Hymenoptera, Aderflügler. F—H Ameiſe, J Larve einer amerikaniſchen, K einer andern Blattweſpe.
8. Reihe: Diptera, Zweiflügler, und zwar Muscіden. L—N Fleiſchfliege, O Larve von Dermatobia noxialis (in der Haut des Hundes in Mexiko), P Larve von Microdon globosus (unter Pfählen lebend), st Vorderſtigma.
9. Reihe: Diptera, Zweiflügler, und zwar Tipuliden, Mücken. Q—S Stechmücke (Culex), T Puppe einer Tipula, U Puppe von Midas clavatus.
10. Reihe: Lepidoptera, Schmetterlinge. V—X Perlmutterfalter, Y Raupe eines Nachtfalters (Drasteria erechthea Cram.), Z Raupe einer Motte (Macaria granitata).

Digitized by Google

(echter) Netzflügler ist zeitweilig gleichfalls frei beweglich, übrigens gewöhnlich, gleich den Käfer-, Hautflügler- und Falterpuppen, noch extra eingesponnen, was die Punktlinie in x, C, H und X andeutet. Bei allen stehen die Gliedmaßen ziemlich frei vom Körper ab (freie Puppen), nur bei den meisten Faltern sind sie später mit dem Rumpf verlöthet (unfreie Puppen).

Die Vergleichung der Puppen einerseits von c—s, anderseits von x—X zeigt ferner, daß man die A- und Hemimetabola von den Holometabolis am leichtesten an ihnen unterscheidet, indem die Puppen der erstern, als wahre Lebewesen, alle Glieder in derselben Art wie die Imagines tragen, währenddem bei den ruhenden Puppen der Holometabola diese Anhänge eine meist ganz vertrakte Lage haben.

Schilderung der Metamorphose.

Allgemeine Veränderungen.

(Wachsthum, Hautfaltung, Häutung.)

Bei der Entwicklungsgeschichte des Insektenembryo haben wir gesehen, daß derselbe zu einer gewissen Zeit aus nichts Anderem besteht als aus einer Menge kleiner Protoplasmakügelchen, die wir Zellen nannten.

Dieses einfache Zellenaggregat differenzirt sich aber später in mannigfacher Weise, indem durch Vereinigung und Umgestaltung gewisser Elementartheile die einzelnen Gewebe und Organe hervorgehen.

Dabei unterschieden wir speciell eine Lage von Zellen, welche die allgemeine Hülle des Körpers d. i. die Haut (das Exoderm) bildet, und dann die verschiedenen Binnengewebe resp. Binnenorgane.

Digitized by Google

Wir haben uns dann ferner überzeugt, daß der Embryo in dem Maße an Größe zunimmt, als der Nahrungsdotter verschwindet, und würde der Leser diesen Vorgang der Vergrößerung oder des Wachsthums genauer verfolgen, so würde er sehen, daß derselbe darauf beruht, daß sich die Zellen durch Aufnahme der gewissen Nährstoffe vergrößern, und wenn sie ein bestimmtes Maximum überschritten haben, sich durch Theilung vermehren. Die natürliche Folge davon ist dann, daß auch die einzelnen Gewebe und Organe an Größe zunehmen, sei es, wie bei massigen Theilen nach allen drei Raumdimensionen, sei es, bei flächenhaften, hauptsächlich nur nach zwei Richtungen.

Speciell an der Haut oder an der Grenzzellenlage äußert sich dieses allgemeine oder zusammengesetzte Wachsthum vorwiegend gleichfalls in der Flächenerweiterung und kann selbe theils eine passive auf Dehnung beruhende sein, hervorgebracht durch den Druck des wachsenden Binnenleibes, theils eine selbständige, oder active durch Vergrößerung und Vermehrung der eigenen Gewebselemente.

Wir heben hier aber gerade die Haut hervor, weil sie ja der Träger der Körpergestalt ist und weil hauptsächlich auf ihr jene merkwürdigen Veränderungen sich abspielen, deren Schilderung unser Zweck ist, und wir schickten das Uebrige voraus, um dem Leser wieder in Erinnerung zu bringen, daß dieses Hauptobjekt der Metamorphose nach Ursprung und fortdauernder Beziehung nicht etwas vom übrigen Weichkörper Abgesondertes und Selbständiges, sondern ein lebendiges Organ desselben sei, und daß es somit, beim engen Wechselverhältniß sämmtlicher Theile eines Organisirten und Lebendigen, weder eine rein äußerliche noch eine rein innerliche Veränderung und Metamorphose geben kann.

Digitized by Google

Diese zellige Grenzlage der Insekten (Fig. 160 Z) hat nun bekanntlich eine ganz besondere Eigenschaft, nämlich die, daß sie nach Maßgabe ihrer Ernährung und ihres Wachsthums an ihrer Oberfläche eine besondere ringsgeschlossene Hautschichte, eine sog. Chitin-Cuticula (Cu) absetzt.

Während aber diese Ueber- oder Beihaut beim Embryo ganz zart und gegenüber den Reliefveränderungen des Körpers vollkommen elastisch und nachgiebig ist, nimmt sie bei der Larve aus mehrfachen Gründen eine größere Dicke und Steifheit an, kurz gesagt sie wird zu einer die Weichhaut schützenden, aber auch beengenden Harthaut, und wir dürfen es gleich aussprechen, daß viele Eigenthümlichkeiten der Insektenmetamorphose eben von dieser accessorischen Integumentlage herrühren.

Wenn wir ein stark wachsendes Kind in ein enges und rings geschlossenes Kleid stecken möchten, so würde es nach einiger Zeit dahin kommen, daß dasselbe in Folge der innern Spannung zerrissen würde.

Aehnlich verhält sich's mit einer Insektenlarve. Anfangs, so lange die Chitinhaut noch etwas elastisch oder z. Th., wie

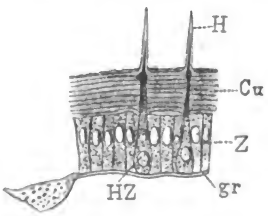


Fig. 160.
Querschnitt durch das Integument eines Chitinhäuters.
Z zellige Weichhaut (Epi- oder Hypodermis), Cu die schichtweise abgesonderte Cuticula.

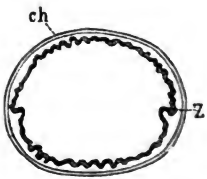


Fig. 161.
Schema der Doppelhaut eines Insekts vor der Häutung.
z zellige Weichhaut (Epidermis), ch Chitin- oder Harthaut.

Digitized by Google

zwiſchen den Leibesringen, in Falten gelegt iſt, kann ſich der Geſammtkörper etwas ausdehnen und man ſieht ihn gleichſam wachſen; hat aber einmal die Panzerhaut das Maximum ihrer Expanſionsfähigkeit erreicht, dann tritt im Wachsthum ein ſcheinbarer Stillſtand ein. Beachten wir aber, daß die Larve auch noch von dieſer Zeit an, wo ſie wegen des äußern Hinderniſſes gewiſſermaßen gar nicht mehr wachſen kann, dennoch fortfährt, neue Stoffe in ſich aufzuſpeichern, faktiſch alſo doch wächſt, ſo iſt klar, daß es endlich zu einer Kataſtrophe kommen muß.

Wenn nun der Weichkörper fortwächſt, ſo iſt zunächſt einleuchtend, daß auch die Weichhaut wachſen muß. Wie aber ſoll dies möglich ſein, wie ſoll die untere Haut größer werden können, wenn die obere ſtarr iſt? Dies ließe ſich offenbar nur in der aus Fig. 161 erſichtlichen Weiſe, nämlich durch Faltungen bewerkſtelligen. Wie aber, muß man weiter fragen, kann eine ſolche Faltung ſtattfinden, d. h. woher kommt der Zuwachs an Raum, in dem ſolche Biegungen ſtattfinden können? Man ſieht, es ſetzt dies nothwendig eine ſpontane Zuſammenziehung des Weichkörpers voraus, und das Wachsthum würde ſich alſo auf dieſem Stadium weniger durch Zunahme ſeines Volumens als vielmehr durch Zunahme ſeiner Dichtigkeit zeigen.

Daß nun aber ſolche Vorgänge wirklich ſtattfinden, davon kann ſich der Leſer ſehr leicht überzeugen. Beobachtet er z. B. längere Zeit eine größere dunkel gefärbte Raupe, ſo wird er früher oder ſpäter bemerken, daß ihre Haut allmälig bläſſer, gleichſam welk wird und daß ſich der Weichkörper nach und nach vollſtändig von der Cuticula zurückzieht. Entfernt er dann die auf dieſe Weiſe gelockerte Chitinhülle, ſo ſieht er auch die gewiſſen Faltungen der Weichhaut. Dieſe Runzeln zeigen aber keineswegs einen ſo regelmäßigen Verlauf, wie

Digitized by Google

man vielleicht glaubt, sondern sie bilden oft äußerst complicirte Figuren und Systeme.

Während ich dies schreibe und zufällig die Unterseite meiner Finger erblicke, finde ich, daß diese Weichhautfaltungen eine frappante Aehnlichkeit mit den bekannten Runzelsystemen der genannten Anhänge besitzen. Der Vergleich läßt sich sogar noch weiter treiben. Sowie man an einem menschlichen Finger zumal an der Unterseite, außer den feinen Furchen auf den einzelnen Gliedern auch noch, an den Gelenken, tiefere und größere Querfalten wahrnimmt, so hat man auch an einer Raupe neben den kleinen Fältelungen der einzelnen Ringe oder Gürtel die umfangreicheren Einstülpungen an den Zwischenhäuten zu unterscheiden.

Der Leser verzeihe, daß wir uns bei einer anscheinend so unbedeutenden Sache noch länger aufhalten; allein diese Faltungen der Weichhaut sind, wie nachfolgende Erwägung zeigt, auch von größter Wichtigkeit für die Erkenntniß der Verwandlungsvorgänge.

Die gesammte Veränderung in der Gestalt eines Kerfs beruht offenbar auf nichts Anderem als auf einer Veränderung im Wachsthum gewisser Theile desselben. Da nun, wie wir sahen, eine solche Wachsthumsveränderung auch die Größenverhältnisse der anliegenden Haut alterirt und die Flächenveränderungen der letzteren eben in den gewissen Faltungen ihren Ausdruck finden, so ist klar, daß in letzter Linie auch *jede Gestaltveränderung* der Kerfe auf Veränderungen der Weichhautfaltung zurückzuführen ist.

Aber sehen wir nun, was sich mit dem Insekt weiter zuträgt, nachdem sich dessen Chitindecke gelockert hat. Zunächst ist klar, daß der Kerfkörper, wenn er mit der die äußeren Reize vermittelnden Oberhaut die Fühlung verliert, gegen letztere selbst unempfindlich wird, sich also nicht mehr in gewohnter Weise in seiner Umgebung orientiren kann. Be-

Digitized by Google

denken wir ferner, daß sich die Hautauflockerung nicht bloß auf den Stamm, sondern auch auf dessen Anhänge, zumal auch auf die Geh-, Greif- und Kauwerkzeuge erstreckt, so ist klar, daß auch diese Organe funktionsunfähig werden; denn es ist nicht angenehm, mit wackeligen Zähnen zu beißen oder mit einem schlotterigen Fußwerk herumzugehen.

Und die weitere Folge? Nun, ich denke, unser Insekt wird sich nicht mit geduldiger Ergebung in diese ihm von seiner Natur auferlegte Zwangslage fügen; im Gegentheil, es wird sich anfangs unruhig, ängstlich und dann, wenn dieser peinliche Zustand länger anhält, im höchsten Grade ungeberdig zeigen.

Uebrigens hängt das Weitere ganz von der Beschaffenheit der Haut und des übrigen Körpers, sowie von der Stärke des Wachsthums ab. Ist erstere ziemlich dünn und spröde, so wird der Chitinbalg einfach durch den Druck des eingezwängten Weichkörpers gesprengt und die Häutung, wie dieser Proceß heißt, ist, namentlich bei wurmartigen Larven, bald vollzogen. Anders, wo die Harthaut dick und zähe ist. Da muß das Thier selbst thätigen Antheil nehmen, es muß seine Muskelkräfte anspannen, um sein Gefängniß zu eröffnen. Und manchen Insekten kostet dies in der That eine so furchtbare Anstrengung, daß man beinahe glauben möchte, sie hätten ihr kräftiges Muskelwerk z. Th. auch dieses Aktes wegen. —

Und ist auch endlich und oft erst nach tagelangen vergeblichen Versuchen der Hauptbalg gesprengt, welche Geduld und Mühe ist noch erforderlich, um alle die Anhänge — wo solche sind —, die Fühler, die Mundtheile, die Beine, die Flügel, die Afterborsten u. s. w. aus ihren Scheiden herauszuziehen!

Uebrigens sind die Methoden der Häutung sehr mannigfaltig und oft höchst anziehend zu beobachten. Der Umstand, daß namentlich bei Larven der muskelreiche Hinterleib als

Digitized by Google

Druckwerk benutzt wird, um mit aller Gewalt das Blut nach vorne gegen Kopf und Bruſt zu treiben, bringt es mit ſich, daß ſich die Haut faſt durchgehends in dieſer Region und zwar, aus andern Gründen, meiſt oben in der Mittellinie öffnet.

Mit der häufig gehörten Meinung indeſſen, daß für dieſes ſchwierige Geſchäft ſchon von der Natur vorgeſehen ſei, daß nämlich der abzuwerfende Balg, einem Rocke ähnlich, ſtets mit beſonderen präformirten Trennungslinien oder „Nähten" verſehen ſei, verhält es ſich wie mit andern Vorurtheilen. Bei manchen Thieren iſt durch Anpaſſung dergleichen thatſächlich vorhanden, bei andern aber iſt die Einrichtung viel unvollkommener oder noch gar nicht ausgebildet. Zum Beweiſe deſſen diene nur das von Reaumur bezüglich einer Zygaena filipendula erzählte Faktum, die, als alle gewöhnlichen Anſtrengungen zur Sprengung der Haut verſagten, dieſelbe endlich mit den Kiefern aufbiß und ſich ſtückweiſe vom Leibe riß.

Dies führt uns auf die Nachtheile der Häutung. Es kommt gewiß viel öfter vor als wir glauben, daß manches Inſekt ſeine Feſſeln überhaupt gar nicht zu löſen vermag und ſo bei lebendigem Leib eingeſargt bleibt. Andere verlieren — von der Zeit ganz abgeſehen — bei dieſer Gelegenheit irgend ein für's ſpätere Leben nothwendiges Glied, das, ungeachtet der erſtaunlichen Reproduktionsfähigkeit, nicht vollſtändig nachwächſt. Die Hauptgefahr liegt aber in dem großen Schwächezuſtand, in dem die Kerfe die alte Hülle verlaſſen; denn es muß ſich über der Epidermis ja erſt eine neue Chitinhaut bilden, bevor ſie von ihren Kräften Gebrauch machen können, und wie viele dieſer nackten armen Geſchöpfe erliegen früher den Unbilden der Witterung oder ihren zahlloſen Feinden!

Vergleichen wir nun das friſch „gehäutete" Thier mit dem alten, ſo bemerken wir zunächſt eine beträchtliche Größenzunahme. Es iſt ſozuſagen wie mit einem Ruck gewachſen.

Digitized by Google

was leicht begreiflich, da ja nach Entfernung des äußeren Widerſtandes Haut und Weichkörper ſich mit einem Male beträchtlich ausdehnen. Die Larve wächſt alſo continuirlich ſo gut wie ein anderes Thier; ihr Umfang ändert ſich aber nur periodiſch. Wir können auch ſagen, die Dichte der Larve ſteigert ſich bei gleichem Volumen und beſtändig zunehmender Maſſe von einer Häutung zur andern, ſie verringert ſich aber momentan bei jedem dieſer Akte, um dann, ſobald der Hautumfang wieder conſtant geworden, neuerdings zuzunehmen.

Wenn wir den von einer Raupe, bei der Häutung ausgezogenen Balg ſammt deſſen Anhängen, den Beinen, Kiefern u. ſ. f., genau unterſuchen, ſo finden wir, daß er vollkommen leer iſt, d. h. daß er keinerlei Weichtheile enthält; und muſtern wir ferner das friſch gehäutete Thier ſelbſt, ſo ſehen wir — den glücklichen Ausgang des Proceſſes vorausgeſetzt —, daß es noch alle die Theile hat, welche es früher, vor der Häutung, beſaß, daß alſo die Weichhaut keinerlei Verletzung erlitten hat, oder daß vom Kerfleib ſelbſt äußerlich nichts weggekommen, nichts verloren gegangen iſt.

Wie iſt es aber, wenn aus der Raupe die Puppe hervorgeht? Vergleichen wir letztere gegen erſtere, ſo finden wir, daß ſie erſtens allerlei Theile, z. B. die langen Beine, den Rüſſel u. ſ. w., beſitzt, die die Raupe nicht oder wenigſtens nicht in dieſer Form oder Größe hatte, und daß ihr zweitens gewiſſe Theile, wie z. B. die Bauchfüße, mangeln, die der Raupe eigenthümlich waren. Daß erſtere, alſo die der Raupe fehlenden Theile, jedoch im Zuſammenhang mit der übrigen alten Weichhaut, neu dazu gekommen, alſo neue Falten derſelben ſind, werden wir ſpäter hören. Wie ſteht es aber mit den Gebilden, welche die Raupe beſaß und die Puppe nicht mehr hat? Man könnte meinen, daß ſie im abgeworfenen Chitinbalg zurückgeblieben wären. Wenn wir aber z. B. die

Digitized by Google

Bauchfußfutterale der letzten Raupenhaut inwendig unterſuchen, ſo finden wir auch nicht eine Spur von den zugehörigen Zapfen des Weichkörpers. Daraus folgt aber offenbar, daß in ähnlicher Weiſe wie neue Gebilde durch Erhebungen oder Ausſtülpungen der Weichhaut entſtehen, auch hinwieder andere Theile durch Einziehung und Ausglättung ſolcher Falten oder Fortſätze zum Verſchwinden gebracht werden, daß alſo, wenn wir Alles zuſammenfaſſen, trotz aller Häutungen und Formveränderungen die Continuität der Weichhaut niemals und nirgends, auch nicht für einen Moment, aufgehoben wird.

Indeſſen iſt, wie gleich zu zeigen, ſelbſt dieſes fundamentalſte Geſetz der Kerfhäutung nicht ganz ohne Ausnahme.

In Fig. 162 ſieht der Leſer wieder die Larve einer Eintagsfliege mit den eigenthümlichen Kiemenblättern (k_1, k_3) am Hinterleibe. Dieſe Ausſtülpungen häuten ſich nun bei der Larve in ähnlicher Weiſe wie andere Leibesanhänge, z. B. die Beine oder die Flügelſcheiden (VF), d. h. mit der übrigen Chitinhaut wird auch die Cuticula dieſer Fortſätze abgeſtreift, während ihre Epidermis und das davon eingeſchloſſene Gewebe vollſtändig zurückbleibt und über der erſteren alsbald ein neues Chitinfutteral entſteht. — Die Frage iſt nun aber, was bei der letzten Häutung geſchieht, wo die Larve ins Imago übergeht, das, als Luftthier, keine ſolchen Kiemen hat.

Bei der Raupe, wo wir hinſichtlich der obliterirenden Bauchfüße einen ähnlichen Fall haben, iſt der Hergang, wie ſchon erwähnt, der gewöhnliche, d. h. es wird das Weichgewebe dieſer Zapfen mit der Epidermis eingezogen und dann nur das leere Chitinfutteral entfernt.

Ganz anders verhält ſich's mit den Eintagsfliegen-Kiemen. Hier wird nämlich nicht bloß das Futteral, hier wird der Anhang in toto abgeſtoßen. Nun möchte man meinen, daß

Digitized by Google

dann bei dieſer Amputation in der Haut der Fliege eine Wunde oder ein Loch entſtünde, durch das unſer Geſchöpf ſich leicht verbluten könnte. Dem wird aber nach Palmen durch

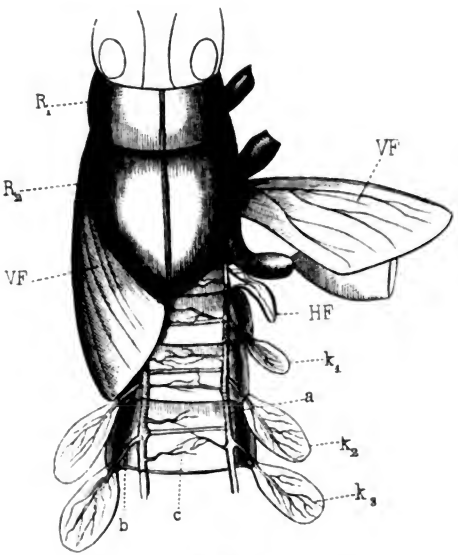


Fig. 162.
Cloeon dimidiatum, Larve.
VF Vorder-, HF Hinterflügel, homolog den Tracheenkiemenblättern (k_1-k_3) der Hinterleibssegmente. (Original.)

eine Art Unterbindung vorgebeugt, indem die Trennung der Weichhaut jener der Harthaut vorausgeht und die Wunde, welche das amputirte Glied am Rumpfkörper hinterläßt, ſich wieder ſchließt, bevor die gleichſam als Verbandzeug dienende Chitinhaut abgenommen wird.

Digitized by Google

Wir haben jetzt gesehen, daß die Haut, deren sich ein Insekt zu gewissen Zeiten entledigt, ein genaues und treues Abbild der Gestalt ist, die es in dem eben absolvirten Stadium besessen hat, und wenn wir alle die Bälge, die ein Kerf der Reihe nach auszieht, hübsch ausgestopft oder sonst adjustirt neben einander aufstellten, so bekämen wir, während es selbst unaufhaltsam seinem Ziele entgegengeht, einen Ueberblick über seinen gesammten (äußern) Entwicklungslauf.

Die Kerf-Exuvie ist aber nicht bloß ein Abklatsch der ganzen äußern Leibesform — sie gibt uns, so überraschend dies klingen mag, auch Aufschluß über gewisse innere Theile und Einrichtungen, die sein Träger besessen hat.

Wie sich der Leser noch erinnern wird, gibt es am Insektenembryo einen Zustand, wo die Haut oder das Exoderm nichts Anderes als einfacher Schlauch oder Sack ist. Die spätere, differenzirte Leibesform entsteht dann durch gewisse Einschnürungen und Ausstülpungen, also Oberflächenverschiebungen dieser Grenzzellenlage. Außer den Einsenkungen, welche die Haupttheile des Rumpfes von einander sondern, bilden sich aber noch andere, tiefer in das Körperinnere eindringende. So sind bekanntlich Vorder- und Hinterdarm, gewisse Mund- und Hautdrüsen, desgleichen die Tracheen und manche innere Gerüste nichts Anderes als Einstülpungen des zelligen Hautblattes. So weit aber das letztere reicht, mag es nun wie an einem Fühler sich äußerlich hervorstrecken, oder wie an einem Luftrohr sich innerlich vertiefen und ausbreiten, so weit reicht auch die Chitindecke und so weit erstreckt sich auch die Häutung selbst und überhaupt die Regeneration der Harthaut.

Der Längsschnitt durch eine Fliegenpuppe in Fig. 163 wird Manches anschaulicher machen. Die äußere schwarze Contur ist die Chitindecke (cu). Gleich darunter eine Lage heller Bläschen, die Weichhaut (z). Am Hinterende unseres

Digitized by Google

Schnittes ſieht man ferner und zwar von der Hautoberfläche zwei Schläuche ausgehen; der eine (eD) iſt der Enddarm, der andere (St, Tr) der große Tracheenlängsſtamm. An letzterem bemerken wir dieſelben zwei Gewebsſchichten wie früher an der Haut, nur, weil es eine Einſtülpung in verkehrter Ordnung, nämlich äußerlich eine Lage von Zellen, die, wie man bei St ſieht, unmittelbar in jene der Haut übergeht, und innerlich eine allerdings ſehr zarte Chitinhaut, von der hinſichtlich des Zuſammenhanges mit dem Integument das Gleiche gilt. Am vorliegenden Schnitt bemerkt man aber innerhalb dieſer Chitinröhre noch eine zweite z. Th. etwas zuſammengeſchrumpfte. Dies iſt eben die Exuvie der Trachea, unter der ſich bereits ein neuer Chitinſchlauch gebildet hat.

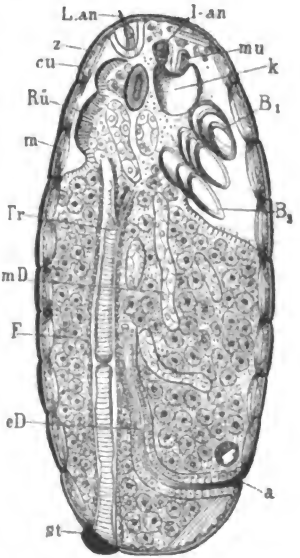


Fig. 163.

Medianer Längsſchnitt durch eine zwei Tage alte (Tonnen-) Puppe einer Muscide. cu dicke Larven-(Chitin-)Haut, z Epidermis (Zellhaut), m ſegmentirter (Larven-) Hautmuskelſchlauch, Lan Antenne, st Stigma, Tr Trachea, a After, eD Enddarm, mD Mitteldarm, F zelliger Fettkörper (dazwiſchen Blutlacunen) der Larve; k Kopfanlage, mu Mundtheile, lan Antennen, B1, B2 Beine, Rü Rücken der Fliege (Imago). Bergr. (Original.)

Daß aber dieſe Tracheen-Exuvien auch wirklich entfernt werden, das kann man bei der Häutung ſelbſt und zwar am ſchönſten bei dunkelhäutigen Kerfen beobachten. Sobald an einem ſolchen Thier der Balg geborſten iſt, ſieht man,

Digitized by Google

daß sich zwischen beiden, und zwar an den Seiten, dort wo die Luftlöcher sind, feine silberweiße Schnüre ausspannen, die sich schließlich vom gehäuteten Körper trennen und mit der Exuvie verkleben. Man merkt wohl, daß diese Fäden, die selbst nach vollzogener Sonderung von Haut und Körper noch einige Zeit eine Verbindung unterhalten, nichts Anderes sind als die aus den Stigmen hervorgezogenen Luftröhren. Breiten wir nun eine solche unter Wasser vorsichtig mit Nadeln aus und besehen sie mit dem Vergrößerungsglas, so entdecken wir, nicht ohne Staunen, daß diese Tracheen-Exuvie nicht bloß die größeren Stämme enthält, sondern auch, z. Th. wenigstens, die feineren Aeste und Zweige, die sich um die innern Weichtheile herumschlingen. Wäre es ausführbar, die vielfach abgerissenen Enden zu unterbinden und von Ring zu Ring diese Tracheenbäumchen, von den Stigmen aus, mit einer farbigen Masse zu injiciren, so würde man ein ganz köstliches Präparat bekommen.

Während hier und an andern Integumentalorganen die Epidermiseinstülpung nur eine verhältnißmäßig dünne Chitinlage ausscheidet, in der Mitte also ein Hohlgang bleibt, füllt sich andere Male das ganze Lumen mit Chitinstoff aus. So entstehen z. B. jene „innern" Skelettheile und Sehnen, an denen sich die Muskeln anheften, und die alle, ohne Ausnahme, in einer Epidermisscheide stecken. Nun ist aber auch klar, daß, wenn mit der Haut auch diese soliden Fortsätze aus dem Körper herausgezogen werden, an deren Stelle sich Oeffnungen bilden und zeigen müssen, die dann erst allmälig wieder verstopft und geschlossen werden.

Ausnahmsweise verlöthen aber auch solche Hauteinstülpungen, die sonst gewöhnlich offen bleiben. So sieht der Leser an der letztbesprochenen Figur (163), daß in der Fliegenpuppe die Chitin-Innenhaut des Enddarmes gegen den

Digitized by Google

After (a) zu sich verdickt und an letzterer Oertlichkeit die Oeffnung total verstopft.

Dieser Fall kann vielleicht als Anpassung zum bessern Schutz dieses Stadiums gelten. Weit wichtiger sind aber folgende Verhältnisse.

Es war schon mehrmals, und auch in diesem Kapitel wieder, von im Wasser lebenden Insektenlarven die Rede, die nicht durch Tracheen, sondern durch Kiemen athmen. Nun findet man hier (Fig. 164) neben den letzteren (d) auch schon die Einrichtung zum Athmen in der Luft, wie sie das Imago hat, nur daß die Luftlöcher (b, c) resp. die zu denselben führenden Tracheen zum Schutze gegen das Wasser für gewöhnlich geschlossen sind und nur bei der Häutung behufs Entfernung der Tracheen-Exuvien momentan geöffnet werden.

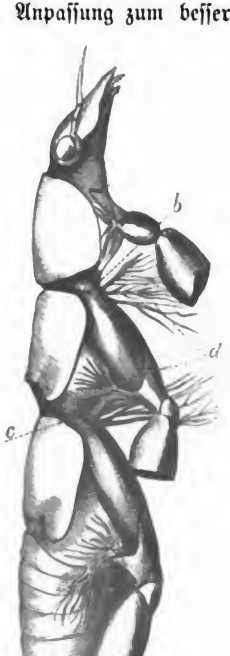


Fig. 164.
Larve einer Perlide.
b und c Luftspalten (Stigmen), d quastenförmige Tracheenkiemen.
(Original.)

Um nun nach der flüchtigen Schilderung der Häutung noch einmal auf die Ursachen derselben zurückzukommen, so ergibt sich zunächst die Abhängigkeit dieser Erscheinung vom Wachsthum schon aus der Thatsache, daß sich dieselbe nur während jener Entwicklungsperiode mehrmals wiederholt, in welcher faktisch eine

Digitized by Google

beſtändige Maſſen- und Volumzunahme ſtattfindet, d. i. bei der Larve, während bei der Puppe die Chitinhaut immer dieſelbe bleibt.

Um aber herauszubringen, ob das fortgeſetzte Wachsthum die wahre reſp. die einzige Urſache der Häutungswiederholung oder der Wechſelhäutigkeit iſt, wollen wir einmal fragen, ob denn überhaupt alle ſtarkwachſenden Larven ſich faktiſch mehrmals häuten? Und ſiehe da, das iſt durchaus nicht der Fall. — Es gibt wenig Larven, die ſo ſtark wachſen wie die der Biene oder die einer Aasfliege, und doch häutet ſich erſtere gar nicht und letztere, ähnlich wie nach Dewitz gewiſſe Ameiſen, nur einmal.

Der Umſtand nun, daß gerade dieſe anderweitig beſchützten Larven eine auffallend zarte und geſchmeidige, alſo auch ſehr erweiterungsfähige Haut haben, beweiſt wohl zur Genüge, daß die Häutung in der That auch mit der Beſchaffenheit des Integumentes zuſammenhängt.

Aeußerliche Geſtaltsveränderungen.

(Ekto-Metamorphoſe.)

Aller Wechſel in der äußern Geſtalt des ſich entwickelnden Inſektes beruht — einige Kerfgruppen mit ganz abſonderlicher Metamorphoſe ausgenommen — auf Veränderungen in der Faltung der Weichhaut, welche letztere hinſichtlich ihres Weſensbeſtandes durch alle Entwicklungsſtadien hindurch, vom Embryo an bis zum Imago, dieſelbe bleibt.

Vor Allem haben wir uns nun an einigen Beiſpielen über die verſchiedenen Hauptarten dieſer Veränderungen zu verſtändigen. Wir unterſcheiden 1) Entfaltung oder einfache Entwicklung (Exaploſe) und ſpeziell die Neu-

Digitized by Google

bildung (Neomorphoſe = Neoplaſe) und 2) die eigentliche Umformung oder Metamorphoſe (Metaplaſe).

Als Entfaltung bezeichnen wir Veränderungen, die ſich nicht auf den Typus, ſondern nur auf die räumliche Differenzirung oder Vermannigfaltigung beziehen. Wenn z. B. die kleinen Flügel der Puppe in die großen des Falters übergehen, oder wenn der urſprünglich einfache Keimſtreif ſich in eine Reihe von Segmenten abgliedert, ſo iſt dies eine Entfaltung. Speciell als Neubildung aber bezeichnen wir die letztere, inſofern ſie neue, früher gar nicht angedeutete Theile hervorbringt. In dem Sinne ſind z. B. die Beine des Embryo oder die Flügel der Larve aus und an der Weichhaut entfaltete Neugebilde.

Das Gegenſtück zur Neubildung iſt die Rückbildung, bei welcher ein früher Beſtehendes ſei es ganz oder zum Theil wieder verſchwindet. Eine totale Rückbildung erleiden z. B. alle echt proviſoriſchen oder ſpecifiſch larvalen Theile, wie z. B. die Stummelbeine der Raupen, die Kiemen der Eintagsfliegenlarven; eine partielle hingegen die Oberkiefer der Raupen und mancher Köcherjungfern, die Flügel mancher Inſekten und andere Organe.

Als eigentliche Umformung betrachten wir dagegen eine auf den ganzen Habitus bezügliche Veränderung eines bereits gegebenen, mehr oder weniger entfalteten Theiles.

Die Maxillen der Raupe und der Rüſſel des Schmetterlings z. B. ſind unſtreitig typiſch (und phyſiologiſch) ganz verſchiedene Dinge, die Bildung des letztern aus erſteren beruht alſo auf einer wahren Umformung oder Metaplaſe die aber, da die Rüſſelladen viel länger als die Kauladen ſind, zugleich von einer Entfaltung begleitet iſt.

Man begreift übrigens ſofort, daß ſpeciell die Neubildung von der Umbildung nur gradweiſe verſchieden iſt, inſofern ja

Digitized by Google

z. B. die neugebildeten Flügel der Larve und die durch Umbildung entstandenen Rüsselladen des Falters in letzter Linie beide aus einer gemeinsamen Grundlage, der Haut hervorgehen, nur daß dies bei den Raupenflügeln unmittelbar, bei den Falterrüsselladen aber mittelbar d. h. unter Dazwischentreten der Raupenkauladen geschieht.

Scharf zu unterscheiden hat man aber zwischen der Neubildung oder Neoplase, wie wir sie hier verstehen, und jener später zu erörternden Neuerzeugung oder Neogenese, bei der gewisse imaginale Hautorgane gar nicht aus der larvalen Weichhaut, sondern aus besonderen inneren Anlagen hervorgehen.

Nachdem wir jetzt die verschiedenen Arten des Geschehens oder Stattfindens der Hautmetamorphose auseinandergesetzt, müssen wir noch die Bedeutung oder das Ziel derselben in's Auge fassen. Und da sind vornehmlich zwei Kategorien von Veränderungen zu unterscheiden. Jene, welche sich auf die Herstellung der definitiven (Imago-) Gestalt beziehen — den Inbegriff derselben nannten wir schon früher die Imaginalisirung —, und dann jene, welche nur eine vorübergehende oder provisorische Bedeutung haben.

Da letztere noch später in Zusammenhang mit der Erklärung der Metamorphose zur Sprache kommen, beschränken wir uns im Folgenden lediglich auf die nähere Schilderung der Imaginalisirung, wobei wir mit Rücksicht auf den Umfang und die Arten der Veränderungen der Reihe nach folgende Abtheilungen unterscheiden werden.

1. Insekten, deren Anfangsstadium im Wesentlichen dem Imago gleich ist.

   Bildung der Flügel, keine oder geringe Rückbildungen. Gleiche Lebensweise:

   Geradflügler, Schnabelkerfe, Blasenfüßler.

Digitized by Google

2. Insekten, deren Anfangsstadium ähnlich wie bei 1. dem Imago gleich ist.

   Flügelbildung unterbleibt (z. Th. durch Rückbildung). Gleiche Lebensweise:

   Flügellose.

3. Insekten wie 1., aber Rückbildung mancher provisorischer Organe in Folge des Mediumwechsels:

   Geradflügelige Netzflügler (Libellen, Eintags- und Uferfliegen).

4. Insekten, deren Anfangsstadium (Larve) vom Imago wesentlich verschieden ist.

   Neubildung der Flügel, Neu- oder nur Umbildung vieler anderer Organe (z. B. Beine, Mundtheile). Meist auch (bei Mediumwechsel) Rückbildungen:

   Käfer, Hautflügler, Zweiflügler p. p., Schmetterlinge, Netzflügler p. p.

I. Direkte Entwicklung mit Flügelbildung.

Vergleichen wir einen Repräsentanten dieser Gruppe, z. B. eine Küchenschabe, mit einer Biene und dann beiderlei Typen mit einem dritten gemeinsamen Zustand, d. i. mit dem Embryo (auf einem frühen Stadium), so muß Jeder zugeben, daß der Geradflügler- (oder Küchenschaben-) Typus dem ursprünglichen oder embryonalen Zustand, weit näher steht als der Bienentypus.

Es spricht sich dies besonders in dem für die Rangstufenbeurtheilung der Insekten so wichtigen Mittelkörper aus. Bei der Küchenschabe (vergl. Fig. 153) zeigt die Brust, wenn auch weniger scharf, noch dieselben drei einfachen Abschnitte, wie sie am Embryo durch Gliederung des Keimstreifs entstanden. Bei der Biene hingegen sind nicht bloß die zwei Hintersegmente der Brust unter einander, sondern noch, wie wir in Fig. 157 gesehen, mit dem ersten Hinterleibsring verwachsen, d. h. also die primäre Rumpfgliederkette ist am Bienenimago im

Digitized by Google

Zusammenhang mit der Kräftigung und Vervollkommnung des Flugapparates viel höher und stärker differenzirt als beim Geradflüglertypus. Letzterer würde ungefähr hinsichtlich der Stammdifferenzirung mit der Halbpuppe der Biene zu vergleichen sein, wo bekanntlich die Verschmelzung und Neuabtheilung der Mittelringe erst im Zuge ist.

Wenn nun aber das Imago der dieser ersten Gruppe angehörigen Kerfe relativ einfacher d. i. vom ursprünglichen Zustand relativ weniger weit als das Imago anderer Insekten entfernt ist, dann ist doch klar, daß auch die Entwicklung dieser Gruppe sich einfacher als sonst gestalten kann.

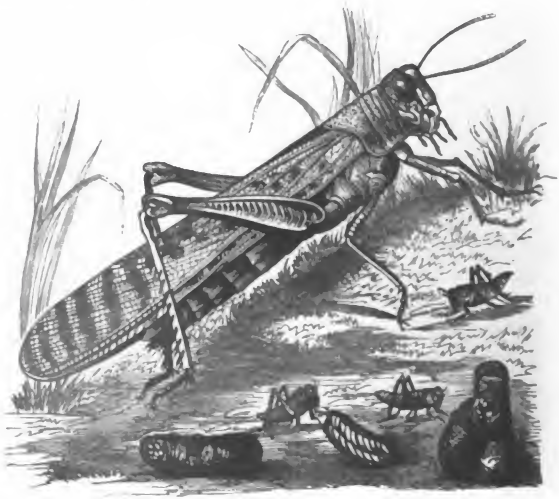


Fig. 165.
Wanderheuschrecke (Acridium) mit Jungen und Eiersäcken. Nat. Größe.

Digitized by Google

Stellen wir nun, um auf die betreffenden Veränderungen ſelbſt zu kommen, die kleinen Springer unſeres Bildes (Fig. 165) ihrer Mutter gegenüber, ſo iſt die Familien-, ja ſelbſt die Gattungsähnlichkeit unverkennbar. Der Unterſchied liegt, von kleineren, ſich allmälig ausgleichenden Differenzen abgeſehen, vornehmlich im Bau der Flügelbruſt reſp. im Mangel der Flügel, und mit der Bildungsweiſe der letztern wollen wir uns denn auch zunächſt beſchäftigen.

Die Sache läßt ſich am Leichteſten an einem Schema verſtehen, wie wir ein ſolches in Fig. 166 entworfen haben.

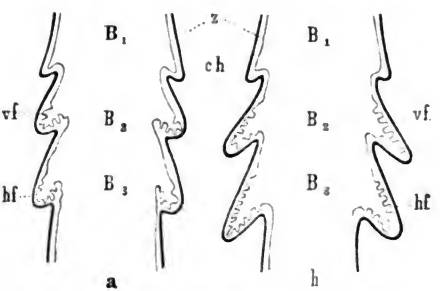


Fig. 166.
Schemata zur Erläuterung der Flügelbildung durch einfache Ausſtülpung (?) der Weichhaut bei den „Ametabolen".
B_1, B_2, B_3 Vorder-, Mittel-, Hinterbruſt, vf Vorder-, hf Hinterflügel, ch Chitin-, z zellige Weichhaut. (Original.)

Darin bezeichnen B_1, B_2, B_3 die drei einander faſt gleichen Bruſtringe, ſagen wir einer jungen Küchenſchabe. Ferner bedeute die äußere dicke Contur (ch) die Chitin- und die innere dünne Lage (z) die Weichhaut. Der erſte Anfang zur Flügelbildung zeigt ſich nun darin, daß an den betreffenden Stellen (Seitenränder eventuell Hinterecken des 2. und 3. Bruſtringes)

Digitized by Google

die bildungsfähige Weichhaut stärker wächst und sich auch stärker faltet als an den übrigen Theilen. Bei der nächsten Häutung nehmen dann diese Auswüchse d. h. diese stärker gewachsenen und stärker gefalteten Brusthauttheile die Form besonderer Lappen an, und dies sind die „Flügelscheiden". „Scheiden" deswegen, weil in ihnen nach dem gleichen Faltungsprincip wieder neue und größere Flügel sich entwickeln. — So ergeben sich nach und nach die in Fig. 153 und 168 reihenweise dargestellten Bildungen. — Im Einzelnen, z. B. hinsichtlich des Beginnes, der Stärke, Raschheit und der näheren Art des Flügelwachsthums, gibt es allerdings vielfache, aber noch wenig studirte Differenzen und manche interessante Anpassungen. Regel ist, daß sich die Flügelbildung durch mehrere Stadien hinzieht und in Bezug auf Größenentfaltung gegen Ende einen beschleunigten Verlauf nimmt.

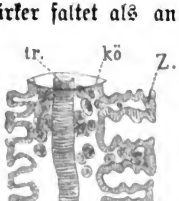


Fig. 167.
Stück eines Längsschnittes von der Flügelanlage einer ausgewachsenen Raupe.
z in primäre große und secundäre kleinere Falten gelegte Zellhaut, tr Tracheen, kö Körnerkugeln im Lumen der Flügeltasche. (Original.)

Nur Eins sei besonders hervorgehoben. Bei den meisten unserer Kerfe (Wanzen, Libellen, Eintagsfliegen, Fang- und Stabheuschrecken, Ohrwürmer u. s. w.) entstehen die Flügel wie bei der Küchenschabe vornehmlich aus den Hinterecken der Rückenplatten und behalten auch, wie Fig. 168 zeigt, bis zur letzten Häutung eine vorwiegend horizontale Lage

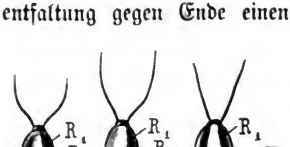


Fig. 168.
Drei Larvenstadien einer Küchenschabe (Blatta germanica) zur Demonstrirung der successiven Flügelentfaltung.

Digitized by Google

bei. Bei den Grillen, den Laub- und Schnarrheuschrecken u. A. hingegen erscheinen sie (Fig. 169 vF, hF) als rein seitliche Aus-

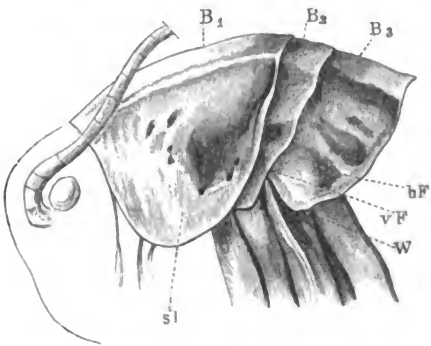


Fig. 169.
Brustkorb einer jungen Laubheuschrecke, vergr. vF, hF Anlagen der Flügel, als den Seitenlappen (sl) des Halsschildes homologe Ausstackungen.

stülpungen der genannten Rückentheile, werden aber noch im unentwickelten Zustand und zwar bei der zweitvorletzten Häutung (Fig. 170) auf den Rücken umgeklappt. Bei der letzten Häutung erfolgt dann unter vorhergehender starker Abschnürung der Flügelwurzel eine neue Umdrehung, diesmal um die Längsachse, so daß dann der Außenrand des Imagoflügels dem Vorderrand der seitlichen Anlage entspricht.

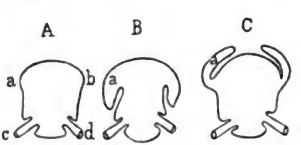


Fig. 170.
Schematische Darstellung der Flügelentfaltung der Heuschrecken an Querschnitten.
c, d die bauchständigen Beine, a, b taschenartige Falten der Rückenplatten, aus denen sich die Flügelscheiden entwickeln, und zwar bei B in ihrer ursprünglichen Lage, bei C nach erfolgter Umlegung auf den Rücken.

Zum Theil sind dies jedenfalls Anpassungen, insofern für einen niedergedrückten und breiten Leib die hori-

Digitized by Google

zontale, für einen hohen und schmalen Leib die seitliche resp. die verticale Flügellage angemessener und vortheilhafter ist und in Folge gewisser individueller Abweichungen die eine Bildungsweise auch leicht in die andere übergehen kann.

Die Entwicklung der Flügel, ist ohne Zweifel die augenfälligste Formveränderung, welche mit unseren jungen Kerfen vorgeht. Es gibt aber noch eine andere, die in mancher Hinsicht für den Beruf des Imagos wichtiger ist. Wir meinen die Ausbildung gewisser äußerer Geschlechtswerkzeuge, und speciell der insbesondere bei Libellen, bei Grillen und Laubheuschrecken sehr auffallenden Legeröhre.

Wie im ersten Band S. 224 nachzulesen, besteht letztere meist aus drei Paaren von länglichen Stücken, die von den Bauchplatten der letzten Leibesringe ausgehen. Das Nähere der Entstehung zeigt dann Fig. 178 A. Man sieht hier ein junges, sagen wir heuschreckenartiges Thier, außen mit der Hart-, innen (dünne Contur) mit der Weichhaut. Wie, vorne an der Brust, die Flügel sich bilden, ist schematisch angedeutet: durch Faltung der Weichhaut (fl_1, fl_2). Blicken wir nun in die Gegend, wo beim vollendeten Thier der (durch Punktlinien bezeichnete) Legestachel hervorsteht, so

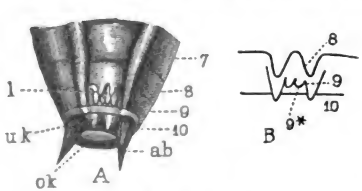


Fig. 171.
Hinterleibsende einer weiblichen Laubheuschrecke (Odontura serricauda) im Jugendzustand.
8, 9 zapfenartige Anlagen der Legeröhre.

Digitized by Google

bemerken wir an unſerem jungen Geſchöpf noch gar nichts. Entfernen wir aber die Harthaut, ſo zeigen ſich uns an der achten und neunten Bauchplatte je ein Paar zapfenartiger Vorſprünge (vergl. auch Fig. 171), und der Leſer ſieht, daß dieſe Legeſcheidenanlagen abermals nichts Anderes als Falten der Weichhaut ſind.

Nun blicke man auf das ſonderbare Geſchöpf in Fig. 172, das allerdings mit den in Rede ſtehenden Kerfen nichts zu thun hat. Selbes iſt aber doch höchſt intereſſant; es iſt nämlich die Larve einer winzigen Schlupfweſpe, deren Weibchen bekanntlich gleichfalls eine Legeröhre haben, und der Leſer iſt gewiß begierig zu erfahren, wie letztere hier, d. i. bei einem metaboliſchen Inſekt, entſteht. Nun, ganz genau ſo wie bei einer Heuſchrecke. Unterſuchen wir nämlich das Hinterende dieſer ſeltſamen Larve, ſo entdecken wir unter der Weichhaut drei Paare von Zapfen (g_1, g_2, g_3), die, wie man ſieht, ganz und gar mit den Legſcheidenanlagen der Heuſchrecke (Fig. 171 B) übereinſtimmen.

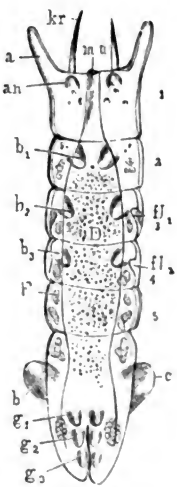


Fig. 172.
Letzte Larvenform von Polynema (Schlupfweſpe), nach Ganin.
g_1, g_2, g_3 Anlagen des Legeſtachels.

Dieſe Uebereinſtimmung aber iſt gewiß von hoher Wichtigkeit. Sie lehrt uns nämlich, daß trotz aller Verſchiedenheiten im Baue und in der Bildungsweiſe der Inſekten gewiſſe Hauptgrundzüge der Entwicklung dennoch bei allen dieſelben ſind.

Digitized by Google

Zum Schlusse noch eine Bemerkung. Die früher betonte große Aehnlichkeit zwischen den jungen und den ausgewachsenen Thieren unserer Gruppe ist zwar nicht ausschließlich bedingt, aber doch ermöglicht durch die Uebereinstimmung in ihrer Lebensweise. Dies ist aber nicht bei allen der sonst hieher gestellten Kerfen so, und denken wir dabei speciell an den Lebenslauf der Cicaden. Das Imago derselben lebt bekanntlich frei auf Bäumen, die Larve hingegen tief in der Erde an Wurzeln. Letztere besitzt zu dem Zwecke, d. i. zum Graben, auffallend starke, hakenartige Vorderfüße, ersteres braucht und hat solche aber nicht, und nun ist klar, daß, von einigen andern Abänderungen abgesehen, die Umwandlung der Hakenfüße in die gewöhnlichen Kerfbeine nicht so rasch und auf einmal geht.

Und in der That schaltet sich auch hier zwischen Larve und Imago eine wahre, ja sogar eine „ruhende" Puppe ein, und so sieht man neuerdings, daß die Mannigfaltigkeit des Insektenthums aller Eintheilung und Klassificirung spottet.

II. (Schwache) direkte Entwicklung ohne Flügelbildung; z. Th. mit rückschreitender Metamorphose.

Den Imagines der frühern Abtheilung wurde nachgesagt, daß sie zwar vollständige Insekten, aber Insekten einfachsten Stiles seien. Die Mitglieder dieser Gruppe stehen noch niedriger; sie sind wegen der mangelnden Flügel überhaupt keine vollständigen, keine ganzen Insekten mehr, sondern nichts weiter als einfache Sechsfüßler.

Im Uebrigen ist ihr Rang ein sehr ungleicher. Wir unterscheiden: 1) Kerfe, die sich, wie z. B. manche Blattläuse, Höhlenheuschrecken u. s. w., nur als flügellose Formen der früheren Gruppe, der Wanzen, der Geradflügler u. s. f. herausstellen und, die Sexualorgane abgerechnet, als Imagines

Digitized by Google

ungefähr auf der Stufe stehen, welche die Jugendstadien der genannten einnehmen. 2) Typische Flügellose, wie die Springschwänze, z. Th. gleichfalls von echt larvenartigem Habitus, indem bei manchen nur sog. Punkt- und keine Facettaugen vorkommen und der Endabschnitt ihrer Beine, was ganz larvenmäßig, bisweilen nur ein Glied und eine Klaue hat. 3) Endlich Kerfe, die, wie die unterschiedlichen Haar- und Feder-, sowie die Schildläuse, gleich den ebengenannten nur flügellose Formen der ersten Gruppe, speciell der Schnabelkerfe, sind, in Folge ihrer parasitischen Lebensweise aber nicht bloß die Flügel, sondern auch manche andere specifisch imaginale Charaktere, wie die zusammengesetzten Augen, die Fühler, die mehrgliederigen Tarsen u. dergl., verloren haben, und so, wie gebürlich, auf der langen Stufenleiter der Insekten zu allerunterst, noch unter den Springschwänzen und ähnlichem Gelichter placirt werden.

Mit dieser Eintheilung ist auch schon ihre theils sehr kurze, theils rückläufige Entwicklung z. Th. mit Metamorphose angedeutet.

III. Direkte Entwicklung mit Flügelbildung und Rückbildung provisorischer Organe.

Auch mit diesen Kerfen (Eintagsfliegen, Libellen ꝛc.) brauchen wir uns nicht lange aufzuhalten; denn es sind wahre Geradflügler nur mit dem Unterschiede, daß sie, weil ihre Entwicklung im Wasser geschieht, während dieser Zeit mit besonderen, diesem Medium entsprechenden Organen, namentlich mit Flossen, Kiemen ꝛc. ausgerüstet sind, die dann beim Uebergang in die Luft in der Regel abgelegt werden.

Obgleich wir nun von diesen Kerfen schon vieles gehört, wolle man sich doch noch nachstehendes Schema einer hübschen Eintagsfliegenlarve ansehen.

Digitized by Google

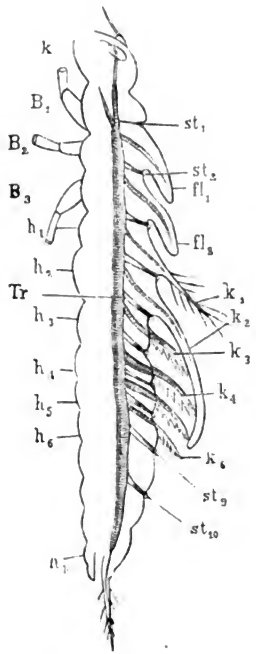


Fig. 173.

Schematisirter Median-Längsschnitt einer Eintagsfliegenlarve (Coenis).

k Kopf, B_1—B_3 Vorder-, Mittel- und Hinterbrust resp. Beine, h_1—h_{10} Hinterleibsringe, fl_1 Vorder-, fl_2 Hinterflügelanlagen, k_1 borstenartige Kieme (?) des 1. Hinterleibsringes, k_2 als Kiemendeckel fungirende Dorsalausstülpung am 2. Ring, k_3—k_6 eigentliche Tracheenkiemen am 3., 4., 5. und 6. Ring; Tr Tracheenlängsstamm, st_1—st_{10} (an der Larve nur während der Häutung sich öffnende) Stigmen sammt Tracheen. (Original.)

Am Vordertheil finden wir fast Alles so wie bei einer jungen Heuschrecke, zumal auch die Flügelanlagen (fl_1, fl_2) der Mittel- (B_2) und Hinterbrust (B_1). Höchst sonderbar ist aber der Hinterleib. Auf den ersten Blick glaubt man, er sei an der Wurzel mit zwei Flügeln bedeckt. Dies sind aber zwei Decken, die vom Hinterleib selbst, und zwar vom zweiten Ring entspringen. Beobachtet man unterm Mikroskop das lebende Thier genauer, so sieht man ferner unter diesen Hinterleibsflügeln gefranste, dünne Platten nach Art einer Kreissäge sich hin- und herbewegen: dies sind die Tracheenkiemen. Außerdem bemerkt man vor den erwähnten Decken, am ersten Hinterleibsring, noch ein Paar ästiger Fortsätze. Das Schema zeigt nun das nähere Verhältniß dieser Anhänge. Alles sind den Flügeln ähnliche, aber z. Th. vielleicht mehr seitliche Ausstülpungen der Hinterleibsringe. Am dritten, vierten, fünften und sechsten (h_3—h_6) stehen zunächst die

Digitized by Google

unter ſich gleichen Kiemen (k_3—k_6). Die gewiſſen Flügelchen am zweiten Ring (k_2) ſind der Lage nach dasſelbe, ihrer Beſtimmung nach aber, ähnlich wie bei Krebſen, Deckel oder Schutzvorrichtungen für dieſe zarten Organe.

Unklar bleibt die Beſtimmung der ſtarren, ſpießigen Fortſätze am erſten Ring (k_1), auf denen ſich mit Vorliebe allerlei Glockenthierchen anſiedeln.

Bei der letzten Häutung fallen dann auch hier auf die im frühern Kapitel beſchriebene Art alle dieſe ſchönen Sachen fort; die zehn ſchon vorbereiteten Stigmen (st_1—st_{10}) öffnen ſich und das früher ſo unſaubere Schlammthier fliegt als nettes Kerſchen in die Lüfte.

In mancher Hinſicht ſieht dies nun gewiß ſehr einer „Verwandlung“ ähnlich, man vergeſſe aber das ſchon im erſten Band Geſagte nicht, daß nämlich bei gewiſſen Formen (Fig. 164) die Kiemen *gar nicht* abgeworfen werden, im Ganzen alſo, die Flügel abgerechnet, das Imago genau dieſelben Theile wie die „Larve“ hat.

IV. Entwicklung mit Metamorphoſe.

Obzwar kaum ein zoologiſcher Gegenſtand ſo populär wie die Metamorphoſe der Inſekten iſt, ſo beſitzen wir doch über den Vorgang, wir möchten ſagen über die *Technik der Verwandlung* ſelbſt, nur eine einzige den gegenwärtigen Anforderungen einigermaßen entſprechende Darſtellung, nämlich die von *Weismann*, über Corethra plumicornis, welche Arbeit wir denn auch, unter Benutzung einiger anderer z. Th. eigener Detailſtudien der folgenden Schilderung zu Grunde legen.

Da das Ziel der Corethra-Entwicklung, reſp. das Bild einer Mücke allen Leſern bekannt ſein dürfte, beginnen wir gleich mit der kurzen Muſterung des Anfangsſtadiums

Digitized by Google

d. i. der Larve (Fig. 174), und nehmen zunächst den Kopf in Augenschein.

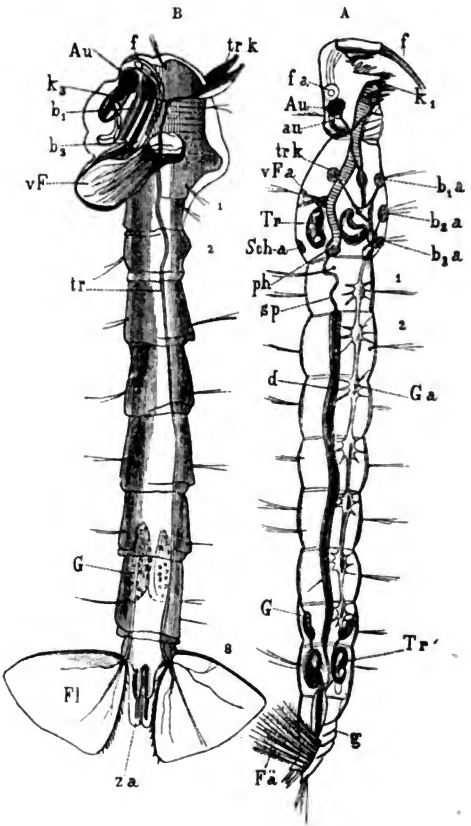


Fig. 174. (Erklärung s. S. 493.)

Digitized by Google

Von oben betrachtet zeigt derselbe bis auf die schnabelartige Verlängerung nichts Absonderliches, dagegen wir uns bei seitlicher Ansicht einem grimmig vorlugenden Spinnenhaupt gegenüber glauben. Dies rührt von der eigenthümlichen Beschaffenheit und Stellung der Fühler her. Während diese Anhänge bei andern Kerflarven meist ganz unansehnliche, oft sogar ganz in die Haut einziehbare Vorsprünge darstellen, sind die Corethra-Fühler weitaus die stärksten und wichtigsten Gliedmaßen. Es sind ihrem Gebrauche nach überhaupt keine echten Fühler, sondern den berüchtigten Spinnenklauen ähnliche, nach hinten einschlagbare Fangwerkzeuge: also Kieferfühler. Sie bestehen (Fig. 174 Af), wie jene, aus einem dicken Stiel, tragen aber statt der Klaue einen Rechen steifer Borsten. Jetzt begreift man auch, warum unsere für ihre lebende Umgebung schwer sichtbare Larve oft so lange, wie festgebannt, an einer Stelle verweilt. Sie lauert auf Beute, die sie dann mit ihren „Fühlern" etwas unsanft berührt und den weiter hinten befindlichen eigentlichen Mundtheilen überantwortet. Letztere zeigen mit Uebergehung einiger theils borsten-, theils blattartiger Zwischenanhänge (β) folgende Einzelheiten: erstens eine große, lappenartige Oberlippe (ol), dann, die Hauptsache, ein Paar kräftige, mehrzahnige Oberkiefer (k_1) und endlich, hinter der Mundöffnung, zwei

Erklärung zu Fig. 174.

Zur Entwicklung der Federbuschmücke (Corethra plumicornis), nach Weismann.

A Larve nach der 2. Häutung. f Fühler, fa Anlage der Imagefühler, Au Haupt- (Imago-), au Neben- (Larven-) Auge, k_1 Oberkiefer, b_{1a}, b_{2a}, b_{3a} Anlage der Vorder-, Mittel- und Hinterbeine, trk Anlage der Tracheenkieme, vFa der Vorderflügel, Scha der Schwinger (Hinterflügel), 1—9 Hinterleibsringe, Tr vordere, Tr' hintere Tracheenblasen, ph fischreusenartiger Pharynx, d Mitteldarm, Ga Ganglienkette, G Anlage der Geschlechtsdrüsen, Fä fächerartiges Schwanzorgan. cca 12 mal vergrößert.

B Puppe. f Fühler, Au Augen, k_2 Unterlippe (Rüssel), b_1, b_3 Beine, vF Vorderflügel, tr Tracheenlängsstamm, (trk) sog. Stigmenkiemen, G Geschlechtsdrüsen, za zangenartige äußere Geschlechtstheile, Fl Schwanzflossen.

Digitized by Google

Paare von schwächeren Griffeln: die Unterkiefer und Unterlippe (k_2, k_3).

Uebergehend auf die Brust, so ist vorerst der gänzliche Mangel von irgend welchen Anhängen zu constatiren; um so auffallender erscheint es, daß dieser Rumpfabschnitt dann nicht in die drei typischen Segmente zerlegt ist, sondern ein einziges größeres Stück ausmacht. Der übrige Rumpfkörper oder der Hinterleib besteht dann aus zehn schlanken, durch deutliche Kerben von einander gesonderten Somiten, deren letztes (10) spitz ausgezogen ist. Dieser Schlußtheil hat nun, gleich dem Kopf, eine auffallende Ausrüstung. Das Wichtigste ist, unten auf der Mittellinie, eine Art Steuerruder oder Flosse (Fa), bestehend aus steifen, fiedrigen Haaren, die sich fächerartig zusammenlegen und entfalten lassen. Dazu kommen dann an der Leibesspitze selbst die für Kerflarven obligaten Griffel und Borsten, also Stützvorrichtungen für kriechende Thiere, die hier ziemlich überflüssig erscheinen. —

Stellen wir jetzt, nach stattgefundener Beschreibung der Larve, eine ordnungsmäßige Vergleichung mit dem Imago an, so wird sich genau zeigen, was am einen Zustand verändert werden muß, um den andern zu bekommen. Es handelt sich um dreierlei: erstens um totale Entfernung gewisser (provisorischer) Larventheile, zweitens um die Umformung anderer und drittens um die Neubildung mancher Imaginalorgane. Zu entfernen sind z. B. der Schwanzfächer, die Endgriffel und die früher vergessenen Tastborsten an den Rumpfringen. Umzuformen sind: Kopf und Brust im Allgemeinen und dann die Anhänge des ersteren, soweit daraus Fühler und Mundtheile der Mücke werden.

Ganz neu zu bilden sind endlich, von den äußern Sexualorganen absehend, sämmtliche Brustanhänge: die Beine und Flügel.

Digitized by Google

Wir besprechen nun gleich die letztern, also die

a. Neubildungen.

Vom Ausschlüpfen aus dem Ei bis zur ersten Häutung und desgleichen von da bis zur zweiten Häutung findet nach Weismann an der Brust der Corethra-Larve keine merkliche Veränderung statt, und abgesehen vom verfrühten Auftreten der (imaginalen) Facettaugen (Fig. 174 Au) können wir überhaupt sagen, daß unser Glasthier während der ersten zwei Perioden des freien Lebens den ursprünglichen Charakter beibehalte.

Sowie aber die zweite Häutung vorüber und das letzte Larvenstadium beginnt, fallen im vollkommen durchsichtigen Thorax mehrere kleine pustelartige Anschwellungen an der Haut auf, die sich (vergl. Fig. 175) ihrer Lage nach als die ersten deutlichen Anlagen der Beine ($b_1 a$—$b_3 a$), ferner der Flügel (vF a) und der die Hinterflügel vertretenden Schwingkölbchen (Sch a) darstellen, und welche Weismann ihrer Bedeutung und ungefähren Gestalt wegen als „Imaginalscheiben" bezeichnete.

Die erste Frage ist nun selbstverständlich, wie sehen diese ersten Imaginalkeime aus und wie entstehen sie? Sicher ist zunächst nur: 1) daß es verdickte Stellen oder Wucherungen der Weichhaut sind, und 2) daß diese Theile, wenn sie eine gewisse Ausbildung erlangt haben, in die umgebende dünnere Haut hineingestülpt erscheinen.

Zur Erläuterung nehme man zunächst das Querschnittschema Fig. 175 A zur Hand. Es bedeute wieder die äußere Contur (ch) die Chinhülle und die innere (z) die zellige Weichhaut. An letzterer sieht man nun oben (bei f) und unten (bei b) je ein Paar verdickter Stellen, welche in die umgebende dünnere Weichhaut eingestülpt sind, sich somit als die in Rede stehenden Flügel- und Beinanlagen erweisen.

Digitized by Google

Würde man nun das Zuſtandekommen dieſer Bildungen nach dem bisher Gehörten erklären, ſo müßte man etwa ſo ſagen. Zuerſt fand an den gewiſſen Hautſtellen ein ſtärkeres Wachsthum reſp. eine Vergrößerung und Vermehrung ihrer Zellen ſtatt. Durch die Vergrößerung, beziehungsweiſe Verlängerung der Zellen entſtand die Verdickung, durch die Vermehrung derſelben aber die Erweiterung des betreffenden

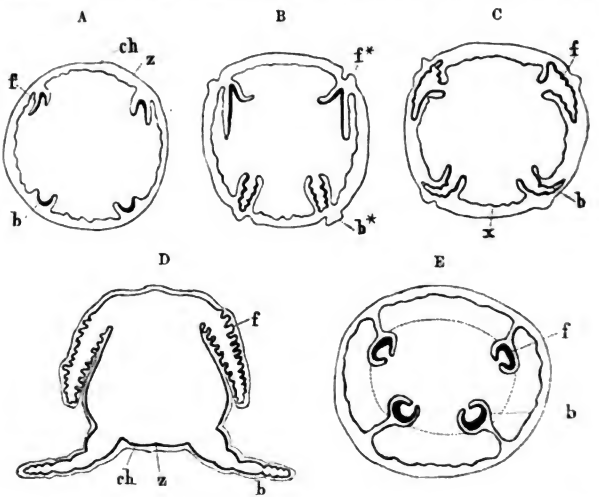


Fig. 175 A—E.

Schemata zur Erläuterung der Beine- und Flügelbildung in der Larve und Puppe der metaboliſchen Inſekten an Querſchnitten.

Ueberall iſt die äußere Contur (ch) die Chitin-, die innere (z) die zellige Weichhaut (Epidermis).

f Flügel-, b Beinanlagen.

A Erſte Anlage der Imaginalzapfen. (Larve I. St.)

B Fortſchreitende Verſenkung derſelben. (Larve II. St.)

C Beginnende Ausſtülpung derſelben. (Larve III. St.)

D Vollendete Ausſtülpung nach Abſtoßung der Larvenhaut. (Puppe.)

E Stadium B mit tieferer Einſenkung der Imaginalfalten und Verengerung der Einſtülpungsöffnung. (Original.)

Digitized by Google

Hautſtückes und dadurch die Faltung, auf welche die Einſtülpung des verdickten Theiles zurückzuführen.

In jüngſter Zeit haben aber zwei namhafte Forſcher, nämlich Dewitz und Ganin weſentlich andere, jedoch unter einander wieder abweichende Darſtellungen gegeben. — Um kurz zu ſein behauptet Erſterer, daß die dünne Membran

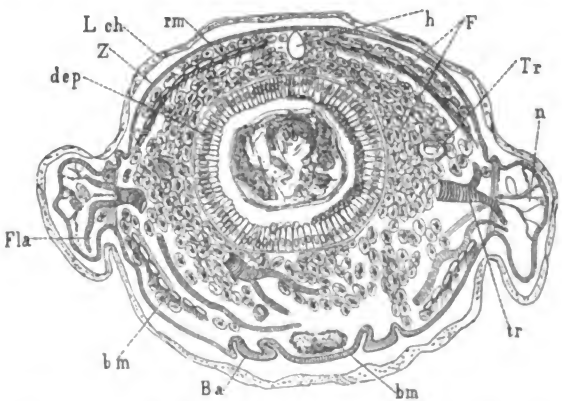


Fig. 176.

Querſchnitt durch die Mitteldruſt einer Larve der franz. Weſpe (Polistes gallica). ch Chitinhaut (abgehoben), Z zellige Weichhaut, rm Rücken-, bm Bauchlängsmuskeln, h Herz, dep Darmepithel, F zelliges Bindegewebe, Tr u. tr Tracheen, n Nervenendigungen an der Haut, bm Bauchmark, Ba Anlagen der Beine (Falten der Epidermis. (Original.)

der Taſche, in welcher der verdickte Imaginalzapfen liegt, durch Abſpaltung aus der maſſiv gedachten primären „Imaginalſcheibe“ entſtünde, etwa ſo, als wenn man mit einem Hohleiſen nahe der Rinde einen Einſtich in einen Apfel machte.

Da ſich aber, wie wir von früher wiſſen, ſolche Fragen nur an dünnen Schnitten mit Sicherheit entſcheiden laſſen,

Digitized by Google

so haben wir diese Methode auch hier und zwar bei einer halbreifen Polistes-Larve versucht.

An einem dieser Schnitte (Fig. 176) kann sich der Leser nun ein eigenes Urtheil bilden.

Zu äußerst bemerkt er eine zarte, vielfach verbogene Membran d. i. die abgehobene Chitindecke; die Weichhaut, auf die es hier ankommt, ist dann die zweite (quergestrichelte) Lage (z). Daran sieht man nun, unten beiderseits des Bauchmarkes (bm), je eine auffallende, aber noch kleine Falte, offenbar die Beinanlage.

Hier kann man sich nun auf das deutlichste überzeugen, daß der zapfenartig vorspringende Mitteltheil nicht solid, sondern hohl ist, und daß dessen Verdickung lediglich davon herrührt, daß die Zellen dieser Partie etwas höher sind. — Dafür, daß die Membran der schüsselförmigen Vertiefung, in welcher der Beinzapfen liegt, von letzterem durch Abspaltung entstanden sei, findet sich nicht der geringste Anhaltspunkt. —

Der Leser hat jetzt gesehen, daß die Anlage der gewissen Neubildungen bei den metabolischen Kerfen (Corethra, Polistes) im Wesentlichen keine andere ist wie die der Flügel bei den ametabolischen (Küchenschabe).

Ein gewisser Unterschied zeigt sich erst bei der weiteren Entwicklung, insofern nämlich, als bei den letztern die fraglichen Falten sofort sich äußerlich zwischen Hart- und Weichhaut weiter ausbreiten (vergl. Fig. 175 C), während bei den metabolischen diesem Stadium der vorherrschenden Ausstülpung ein anderes, nämlich das der gleichzeitigen Einstülpung (B) vorhergeht.

Wir sagten „gleichzeitigen" Einstülpung, weil im selben Maße, als der Bein- oder Flügelzapfen (175 Bf* b*) nach außen d. i. centrifugal sich verlängert, seine Scheide oder Tasche sich

Digitized by Google

nach innen d. i. centripetal ausbreitet. Auf die Weise kommt es auch, daß trotz der beständigen Verlängerung dieser „Anhänge" ihre Spitze sich doch nicht über das Niveau der Weichhaut erhebt, ja im Gegentheil bisweilen beträchtlich unter dasselbe hinabsinkt.

Was aber eigentlich der Grund dieser combinirten Aus- und Einstülpung ist, ob sie, anfangs wenigstens, vielleicht auch durch den Widerstand der äußern Chitinhaut bedingt sei, davon weiß man ebensowenig wie hinsichtlich

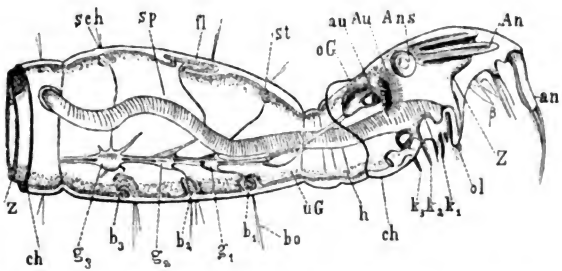


Fig. 177.

Vorderleib einer Corethra-Larve (etwas schematisirt), nach Weismann.

ch äußere Larvenchitinhaut, z zellige Larven- und Imagohaut, an Larvenfühler, An Imagefühler, in der von der Cuticula zurückgezogenen Zellhaut sich bildend, Ans Fühlerscheide, Au Haupt-, au Nebenauge, oG oberes, uG unteres Schlundganglion, β provisorische Larvenmundanhänge, ol Oberlippe, k₁ Vorder-, k₂ Mittel-, k₃ Hinterkiefer (Unterlippe), h Hals, g₁, g₂, g₃ Vorder-, Mittel- und Hinterbrustganglion, b₁, b₂, b₃ Beinanlagen an der Zellhaut (in verschiedener Entwicklung), kst Anlage der Kiemenstigmen (Vorderbrustflügel), fl der eigentlichen (Mittelbrust-) Flügel, sch der Schwinger (Hinterbrustflügel), sp Speiseröhre.

der offenbar ganz analogen Einstülpung des Libellen- oder Wanzenkeimstreifs. —

Nur so viel ist wahrscheinlich, daß diese Verborgenheit der Imaginalanlagen und der dadurch ermöglichte längere Fortbestand des Larval-

Digitized by Google

lebens dem sich entwickelnden Thier unter gewissen, später zu erwähnenden Umständen von Vortheil sein kann.

Wir kommen nun auf die weitere Differenzirung und Entwicklung unserer Anhänge, müssen uns jedoch, unter Verweisung auf die ausführliche Arbeit Weismann's, auf die Erklärung beschränken, daß es sich in jeder Hinsicht um eine wahre Entfaltung handelt. Letztere zeigt sich einmal in der fortschreitenden Verlängerung der Anhänge, die aus naheliegenden Gründen, zumal an den Beinen, zu mannigfachen, meist spiralförmigen Krümmungen nahe der Hautoberfläche führt, und dann in den secundären Falten oder Runzeln, welche sich auf den Anhängen selbst (175 Bb*) bilden und von deren Natur man eine ungefähre Vorstellung erhält, wenn man einen vorne zugenähten Rockärmel in sich selbst hineinstülpt.

Haben aber diese in den Weichkörper versenkten Anlagen eine gewisse Ausdehnung erreicht, dann erfolgt, und z. Th. gewiß im Zusammenhang mit den geänderten Spannungsverhältnissen des Binnenkörpers, ihre Ausstülpung, wobei sie unter gleichzeitiger Glättung der erwähnten Falten und Runzeln noch weit größer werden, als sie im invaginirten Zustand zu sein schienen.

Bei einem Insekt, dessen Chitindecke so vollkommen durchsichtig wie bei der Corethra ist, können wir die jetzt flüchtig skizzirten Veränderungen Schritt für Schritt mit den Augen verfolgen und uns so überzeugen, daß die Larve nur ganz allmälig aufhört Larve zu sein und ebenso allmälig anfängt Puppe resp. Imago zu werden.

Bei undurchsichtigen Kerfen hingegen bemerken wir von allen diesen Vorgängen gar nichts, und so sind wir freilich sehr erstaunt, wenn beim endlichen Aufspringen der

Digitized by Google

Chitinhaut ein mit Beinen und Flügeln versehenes Wesen hervorkommt.

Es ergäbe sich nun zunächst die gewiß nicht so müßige Frage, ob bei allen metabolischen Insekten die Imaginalisirung der Larve relativ d. i. in Bezug auf die gesammte Dauer des Larvenlebens zur gleichen Zeit beginnt und ob dieser Proceß überall mit derselben Geschwindigkeit abläuft.

Leider läßt sich diese Frage gegenwärtig nur sehr unvollkommen beantworten, und zwar erstens deshalb, weil dieser Vorgang bisher nur an wenigen Formen studirt wurde, und zweitens wegen des Umstandes, daß man noch immer die Entwicklungsphasen nach den Häutungsperioden bestimmt, trotzdem die Zahl der letzteren, wie uns bekannt, bei den verschiedenen Insekten höchst ungleich und der Werth einer solchen also ein sehr verschiedener ist. —

Für manche unserer Leser dürfte übrigens schon die Thatsache ganz neu sein, daß bei gewissen metabolischen Insekten die Imaginalisirung schon vor der vorletzten Häutung beginnt, ein Umstand, der allerdings bereits Swammerdamm und Herold bekannt war.

Von den Bienenlarven wurde oben gesagt, daß sie sich als Larven gar nicht häuten; bei den Ameisen, mit ähnlicher Zarthaut, soll dies nach Dewitz wenigstens einmal geschehen. Ihr Larvenleben zerfällt also, mit Rücksicht auf diese Häutung nicht in drei, wie bei Corethra, sondern nur in zwei Perioden. Dewitz hat nun nachgewiesen, daß bei diesen Kerfen das erste Stadium der Imaginalisirung d. i. die Anlage und z. Th. auch die Differenzirung der Brustanhänge faktisch schon vor der ersten Häutung beginnt, die Entwicklung also sich nicht ganz auf das Endstadium concentrirt.

Ja, wird man sagen, dann muß man doch an den älteren Larven, d. i. nach der ersten Häutung, schon äußerlich, d. i.

Digitized by Google

an der Chitinhaut, die Spuren dieſer Glieder ſehen; denn die neue Harthaut ſtellt ja immer einen getreuen Abdruck der alten Weichhaut mit all' ihren Aus- und Einſtülpungen dar. Und dies iſt auch thatſächlich ſo. Man nehme, um darüber ganz klar zu werden, neuerdings Fig. 175 A in Augenſchein. ch zeige den Umriß der neugebornen Larve. Später faltet ſich die Weichhaut (z) und bilden ſich die Imaginaleinſtülpungen (b, f). Gleichzeitig beginnt aber auch ſchon die Abſcheidung einer neuen Chitinhaut, und zwar auch über den Imaginalſcheiben. Hierauf geſchieht die erſte Häutung, d. h. die ringsum glatte Larvenharthaut (A ch) wird abgeworfen und die neue Chitinhaut (Fig. B und C) mit den Ab- und Eindrücken der gewiſſen Zapfen kommt zum Vorſchein. Letztere hebt ſich aber, wenn wir Dewitz recht verſtehen, ſchon ſehr zeitlich, bevor die Einſtülpungen der Weichhaut ſich weiter vertiefen, von derſelben ab.

Die Folge davon iſt, daß dieſe neue oder zweite Larven-Chitinhaut nur ſehr ſchwache Spuren der gewiſſen Epidermis-Falten zeigt. Außerdem glätten ſich auch bei der Lockerung der Harthaut die betreffenden Unebenheiten z. Th. aus, und ſo hat man, zumal an faſt ausgewachſenen Larven, Mühe, dieſelben (B, C b*, f*) überhaupt wahrzunehmen.

Als eine allerdings nebenſächliche Eigenthümlichkeit in der Weiterentwicklung der Ameiſenbeine heben wir noch hervor, daß vor dem Beginne ihrer Ausſtülpung die Mittelwand zwiſchen ihren Taſchen (C x) derart einſinkt, daß dann beide Beine in einer gemeinſamen Grube liegen.

Während, wie eben gezeigt, bei den Ameiſen die Imaginaliſirung im vorletzten Häutungsſtadium beginnt, tritt ſie bei Inſekten mit öfterer Häutung, z. B. bei Schmetterlingen, bisweilen ſchon in der zweit- oder drittvorletzten Periode, d. i. alſo um eine gewiſſe Phaſenzahl früher auf.

Digitized by Google

Bei den letztgenannten Kerfen verdient übrigens auch die Form der Extremitätenanlagen Erwähnung. Jede ist bekanntlich (Fig. 175 B f) eine Art Doppelfalte, d. h. sie besteht aus einer Ausstülpung, der eigentlichen Gliedmaßen-Anlage, und aus einer Einstülpung, welche eine wahre „Scheide" ist.

Nun kann man wohl schon von vorneherein erwarten, daß die relative Entwicklung der bezeichneten zwei Bestandtheile bei verschiedenen Thieren eine ungleiche sein werde.

Dies zeigt sich nun auch in der That bei den Schmetterlingen und manchen andern Gruppen, und zwar darin, daß hier, anfangs wenigstens, die Flügeltasche oder -Scheide relativ größer als die Flügelanlage selbst ist.

Stellen wir uns nun, mit Hilfe der Fig. 175 E, weiter vor, daß sich der Sack, in dem die tief in den Weichkörper eingesenkte Flügelanlage gleichsam aufgehängt ist, über der letzteren vorhautartig zusammenzieht, so kann es geschehen, daß wir von der ganzen Bildung äußerlich entweder gar nichts oder nur eine feine Oeffnung bemerken, und daß wir in Folge dessen auch die versenkten Imaginalanlagen selbst gar nicht für wahre Hauttheile, sondern für selbständige rein innerliche Bildungen halten.

b. Umformungen (Metamorphose i. e. S.).

Es versteht sich eigentlich von selbst, daß alle Gestaltveränderungen, die irgend ein thierisches Geschöpf während seines Lebens durchzumachen hat, im Allgemeinen nur ganz allmälig vor sich gehen. Dies ist denn auch wirklich z. Th. bei den Insekten der Fall, indem ja z. B. die Flügel, welche den Schmetterling so auffallend von der Raupe unterscheiden, nicht so plötzlich und unvermittelt entstehen, da man die ersten Anlagen derselben schon bei den jungen Raupen

Digitized by Google

antrifft, und man also faktisch sagen kann, daß die Raupe hinsichtlich der Flügel nur ganz allmälig zum Schmetterlinge wird.

Eine solche Allmäligkeit der Verwandlung ist aber, ohne Beeinträchtigung des Lebens des Thieres, nur bei gewissen Organen ausführbar. Wenn z. B. die Flügel des Schmetterlings schon an der Raupe vorgebildet werden, so hindert dies die letztere gar nicht, ihrem bekannten Berufe nachzugehen; denn die Flügel sind der Raupe weder von Vortheil noch von Nachtheil; es sind für sie völlig gleichgiltige, physiologisch indifferente Bildungen.

Genau dasselbe würde der Fall sein, wenn der Saugrüssel des Falters, womit er bekanntlich seine Nahrung schöpft, schon in der Raupe angelegt würde, vorausgesetzt natürlich, daß dessen frühe Entwicklung nicht andere für das Leben der Raupe nothwendige Werkzeuge beeinträchtigte. Letzteres läßt sich aber hier einfach aus dem Grunde nicht vermeiden, weil die Rüsselladen nicht wie die Flügel ganz neu aus der Haut entstehen, sondern aus bereits an der Raupe vorhandenen und für deren Nahrungsaufnahme unentbehrlichen Gliedern, nämlich aus den Unterkieferladen.

Nun, wird man sagen, wenn der Falterrüssel auch nicht als selbstständige Neubildung neben den Mundtheilen der Raupe entsteht, sondern aus den Maxillen derselben, so wäre es doch wohl möglich, daß die betreffende Umgestaltung nur ganz allmälig vor sich ginge.

Nun möglich wäre dies immerhin, und wahrscheinlich ist der Faltermund wohl ungefähr auf diese Art entstanden. Es fragt sich aber, was eine solche allmälige Mundmetamorphose für eine Folge haben würde.

Offenbar keine andere als die, daß sich die Raupe nach jeder Häutung um eine andere den geänderten Eßwerkzeugen

Digitized by Google

entsprechende Nahrung umsehen müßte, und man wird zugeben, daß ein solcher beständiger Wechsel unter Umständen für das betreffende Geschöpf sehr verhängnißvoll werden könnte und daß jedenfalls, im Allgemeinen wenigstens, jene Insekten besser daran sind, bei welchen diese Umänderung auf das Ende der Wachsthumsperiode verschoben ist.

Was aber vom augenscheinlichen Vortheil einer plötzlichen Umwandlung von den Mundtheilen gesagt wurde, das gilt auch von vielen andern correlativen und zusammengehörigen Lebenswerkzeugen, z. B. von den Bewegungs- und Sinnesorganen, und so ist es auch zu erklären, daß die Metamorphose mit Bezug auf die Zahl der von ihr betroffenen Körpertheile meist keine vereinzelte, sondern eine zusammengesetzte oder cumulative ist.

Im Folgenden wird zunächst die Umwandlung der verschiedenen Anhänge und dann jene des Stammes vorgeführt.

Brustanhänge.

Beine.

Hier gibt es, nächst den Kiefern, wohl die meisten Umwandlungsstufen. Stellen wir z. B. das Bein gewisser Lauf- und Raubkäfer dem entsprechenden Organ ihrer Larven gegenüber, so finden wir dieselben Hauptabschnitte: Hüfte, Schenkel, Schiene und Fuß, und der Unterschied liegt einzig darin, daß bei der Larve die Form und gegenseitige Stellung der Einzelstücke etwas anders und daß speciell der Endabschnitt weniger entwickelt, weniger differencirt ist.

Die Umformung geschieht dann einfach so, daß die Weichhaut des Larvenbeines sich vom Harthautfutteral losmacht und daß an diesem Schlauche dann die nöthigen Abänderungen vor sich gehen.

Digitized by Google

Ein entgegengeſetztes Beiſpiel bieten die Raupenbeine. Beſieht ſich der Leſer dieſe Gliedmaßen auf Fig. 178 B, B3

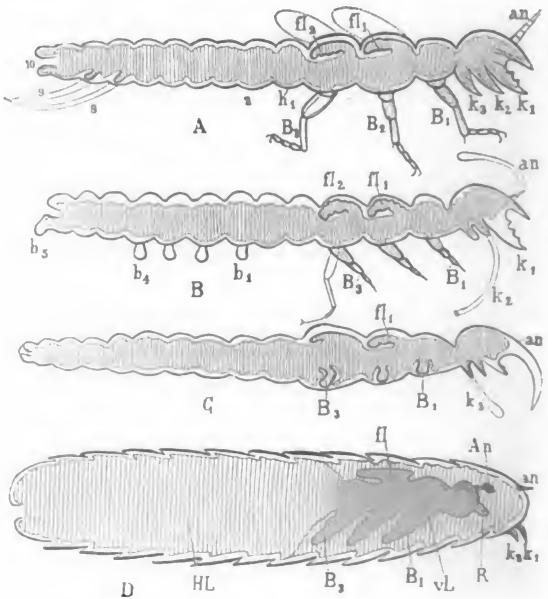


Fig. 178.

Schema zur Vergleichung der wichtigſten Verwandlungstypen der Inſekten an Längsſchnitten.

Ueberall bedeutet die äußere Contur die Chitinhaut der Larve, die innere (gefältelte) die Zellhaut der Larve reſp. auch des (ſchraffirten) Imago.

an Fühler, k1—k3 Kiefer, B1, B3 Beine, fl1, fl2 Mittel- und Hinterflügel, h1—h10 Hinterleibsringe.

A Typus Heuſchrecke.
B „ Schmetterling.
C „ Mücke.
D „ Musca. (Hier entſteht der Vorderleib vL des Imago nicht direkt aus dem Vorderleib der Larve, wie bei den übrigen Typen, ſondern als innere Neubildung.) (Original.)

Digitized by Google

und zwar vergleichend mit den ihm wohlbekannten Stelzbeinen eines Falters, so wird ihm gleich klar, daß sie in jeder Hinsicht, nach Form, Gliederung u. s. w., einer gänzlichen Umarbeitung bedürfen. Das Wie derselben aber ist ungefähr aus Fig. 188 (B_2) zu errathen. Zunächst sieht man die abgelöste Weichhaut (innere einfach schwarze Contur) in zahlreiche Falten gelegt, eine Erscheinung, die offenbar auf die Verlängerung der Beine hindeutet. Die neue Abtheilung und Modellirung desselben kann man aber, eben wegen dieser vielen Runzeln, nicht deutlich unterscheiden, sie zeigt sich erst, wenn der neue Fuß aus dem Futteral herauskommt und sich strecken kann.

Kopfanhänge.

a. Fühler.

Auch an diesen Gliedmaßen ist die Umwandlung meist eine sehr beträchtliche. Man findet zwar Larven mit ziemlich imaginalen d. i. mit sehr langen und vielgliedrigen Antennen — wie gerade bei den Laufkäfern —, meist aber sind die Larvenfühler ganz unansehnliche 2—3gliedrige Stummel mit etlichen Endborsten.

Nun, wird der Leser fragen, wie soll sich z. B. der Riesenfühler eines Bockkäfers im winzigen Antennenstummel der Larve entwickeln können? Zunächst liegt auf der Hand, daß es hier mit einer bloßen Faltung der Larvenfühlerweichhaut noch nicht gethan ist; denn es fehlt im Chitinfutteral absolut der physische Raum zur Bildung eines so großen Organs. Also was nun? *Aufrichtig gestanden, sind diese Verhältnisse sowie die Metamorphose der Anhänge überhaupt noch so viel wie gar nicht studirt*; trotzdem wollen wir's versuchen, dem Leser nach eigener Anschauung die Sache begreiflicher zu machen.

Digitized by Google

Die in einen spitzen Kolben endigenden langen Fühler eines Tagfalters (Fig. 179*) kennt der Leser ohne Zweifel, und erinnert sich wohl auch, daß diese Anhänge hier weit hinten am Kopf entspringen; das Einschlägige der Raupe aber ist ihm in Fig. 179 nahe gelegt. Er bemerkt an der stacheligen Chitinkruste des Kopfes und zwar ganz vorne neben den Mundtheilen (bei an) einen kurzen zweigliedrigen Zapfen. Das ist der Raupenfühler. Bricht man nun, um das Künftige zu

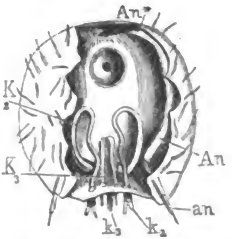


Fig. 179.
Kopf einer Raupe (Baumweißling) kurz vor der „Verpuppung", von unten gesehen. Die Chitinhaut ist z. Th. aufgebrochen und sieht man den Puppenkopf.
an Fühler, k_1—k_3 Kiefer der Raupe. An Fühler, K_2—K_3 Kiefer der Puppe (resp. Labialpalpen und Zunge in natürl. Lage).
(Original.)

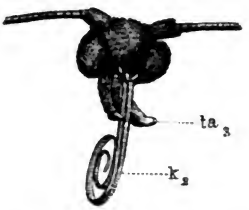


Fig. 179*.
Kopf sammt Rüssel (k_2) eines Falters.
ta_3 Unterlippentaster.

sehen, an einer Raupe, kurz bevor sie sich „verpuppt", diese Kruste auf, so hat man den noch ganz blassen und weichen Puppenkopf vor sich. Betreffs der neuen Fühler ist nun dies zu entdecken. Die Spitze derselben (An) liegt in der That im Chitinfutteral des Raupenfühlers, es sind somit beides faktisch homologe Theile. Aber nur die Spitze; denn die gewisse kolbenartige Anschwellung des Puppenfühlers liegt schon außerhalb der Raupenantenne, aber hart an der Basis derselben.

Nun, und wo befindet sich der ganze übrige lange Abschnitt und die Ansatzstelle? Das läßt sich mit Lupe und

Digitized by Google

Nadel, wenn man einmal der Sache auf der Spur ist, leicht entziffern. Der gesuchte Fühlerabschnitt liegt, allerdings ganz in eine Rinne eingesenkt, an den Seiten des Kopfes, während die Insertionsstelle ganz hinten (bei An*) zu suchen ist.

Die Umwandlung des Larvenfühlers in die Imagoantenne läuft also nach diesem Befund im Wesentlichen auf eine durch Verschiebung der Ursprungsstelle ermöglichte Verlängerung hinaus. Indem nämlich, wie nicht anders möglich und denkbar, die Basis des Raupenfühlers (selbstverständlich des weichhäutigen) von der Vorderseite des Kopfes gegen die Hinterseite sich verschob oder zurückzog, wurde die entsprechende Länge gewonnen. Dem ersten Ursprung nach ist somit der Falterfühler nichts Anderes als der Weichtheil der Raupenantenne; insofern ersterer aber, später, größtentheils außerhalb des letzteren und z. Th. auf Kosten der übrigen Kopfweichhaut entsteht, kann er als eine besondere Art von Neugebilde gelten.

Die Verlängerung des Fühlers geschieht aber nicht bloß durch Verschiebung, durch Zurückverlegung der Ansatzstelle, sondern insbesondere auch durch starke Fältelung der neu hinzugewachsenen Strecke. Dies zeigt sich am schönsten an einem geeigneten Schnitt, wie Fig. 180 einen solchen darstellt. Er geht quer durch den Hinterkopf einer ausgewachsenen Raupe. Die äußere, höckerige und dicke

Fig. 180.
Zur Entwicklung des Schmetterlingkopfes (Baumweißling).
Frontalschnitt (hinter der Mitte des Kopfes) einer halb ausgewachsenen Raupe.
La die von der zelligen (Matrix) abgehobene Chitinhaut der Raupe, Pu Zellhaut der Puppe, An Fühler-, Au Augenanlagen, km Kaumuskelreste, lm Längsmuskeln, oG oberes Schlundganglion, sp Speiseröhre. (Original.)

Digitized by Google

Lage (La) ist die Chitinhaut der Larve, die innere, quergestrichelte (Pu) hingegen ihre Weichhaut resp. die Contur des Puppenkopfes. An letzterer bemerkt man nun und zwar oberhalb der vorgewölbten Augen (Au) ein Paar nahe beisammen entspringender Fortsätze (An), die außen, da sie durch

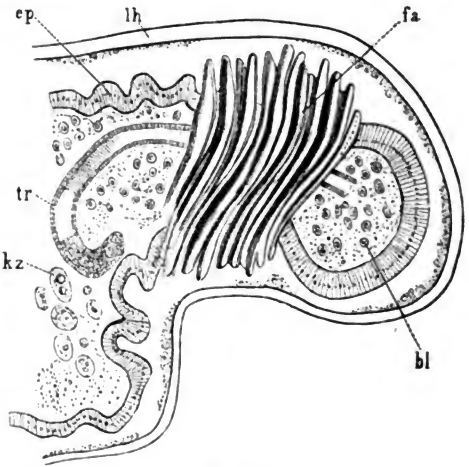


Fig. 181.
Anlage der Imagofühler am Kopf der Raupe des Baumweißlings, an einem Querschnitt.
lh abgestoßene Chitinhaut der Larve, ep (zelliges) Epithel (Weichhaut) der Fühler, fa Falten derselben, tr Tracheenanlage, kz Körner-, bl Blutzellen.
(Original.)

das Messer schief abgeschnitten wurden, scheinbar in eine Spitze enden. Dies sind die Ansätze der Fühler, die, wie man gleich bemerkt, in ganz ähnlicher Weise gefaltet oder mit secundären Auswüchsen versehen sind, wie wir dies oben bei den Beinen und Flügeln fanden. Fig. 181 zeigt dann noch, zu größerer Deutlichkeit, eine Seite

Digitized by Google

der frühern Abbildung vergrößert. Die Harthaut (Ch) erscheint als dicker homogener Saum, die zellige Weichhaut (ep) aber ist wellig gebogen und der daraus entsprungene Fühler selbst gleicht hinsichtlich seiner zahlreichen Ringfalten (Fa) einem gegen die Achsel hinaufgeschobenen Rockärmel.

b. Mundtheile.

Trotz der großen Mannigfaltigkeit der Nahrungsmittel, deren sich die Larven der verschiedenen Insekten bedienen, ist doch ihr Mundapparat meist ein ziemlich einfacher und einförmiger. Als allgemeinster Typus kann das „Gebiß" der Raupe (Fig. 181*) gelten. Da finden wir: 1) ein Paar kräftiger Beißzangen (k_1); 2) ein Paar, aber ganz schwacher, Mittel- oder Unterkiefer (k_2) mit kurzen „Freßspitzen" (al, d) und 3) endlich die (Hinter-) Kiefer (k_3), welche jedoch zur Spinnspule (Unterlippe) verschmolzen und nur in den Tastern selbständig sind.

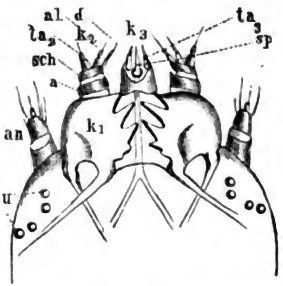


Fig. 181*.
Mundtheile einer jungen Schwammspinnerraupe.

Bedenken wir nun, wie sehr die Ernährungsweise der Imagines von jener der Larve verschieden ist und wie ganz eigenartig die einschlägigen Werkzeuge der ersteren zu sein pflegen, so ist evident, daß es sich gerade hier um die vielseitigsten und intensivsten Veränderungen handelt.

Zu besserer Uebersicht können wir folgende Arten unterscheiden:

Digitized by Google

1) Geringe, auf höhere Differenzirung gerichtete Aenderungen. Solche beobachten wir z. B. bei den meisten durch beißende Mundtheile charakterisirten Käfern und Netzflüglern, *also bei den relativ einfachsten metabolischen Kerfen.*

2) Partielle oder auch totale Rückbildungen, insbesondere der Oberkiefer bei Insekten mit saugenden Mundtheilen, z. B. bei den Faltern, Fliegen, aber auch bei Kauinsekten, z. B. den Phryganiden und Ephemeriden.

3) endlich Umformung der Mittel- oder Hinterkiefer resp. (Aderflügler) beider in lange Saugröhren.

Zu besserer Orientirung der letzten zwei Veränderungsarten nehme man zunächst wieder die Schemata in Fig. 178 B und C zur Hand. Falter- und Corethra-Larve zeigen die drei Kieferpaare k_1—k_3. Bei beiden reduciren sich am Imago die Oberkiefer (k_1) durch Zurückziehung der Weichhaut. Im Weiteren bemerke man diesen Unterschied: Beim Falter entwickelt sich das neue Haupt- oder Saugorgan (punktirte Contur) aus den Mittel- (k_2), bei Corethra hingegen (vgl. auch Fig. 177) aus den Hinterkiefern (k_3), während die andern Theile, wenn auch in etwas veränderter Gestalt, als Nebenorgane sich forterhalten.

Was nun das Wichtigste, nämlich die technische Ausführung dieser Veränderungen betrifft, so wollen wir uns, wie bei der Fühlermetamorphose, wieder an die Raupe halten. Wie Fig. 182 deutlich macht, handelt es sich um die Bildung von zwei Paaren längerer Anhänge, nämlich der Unterlippentaster (ta_3) und der das Saugrohr zusammensetzenden Mittelkieferladen (k_2). Wie können diese nun aus den gleichbezeichneten überaus kurzen Raupenorganen (k_2, k_3) in Fig. 183 hervorgehen? Ein Blick auf den entblößten Weichschädel löst das Räthsel. Da sehen wir nämlich von der Wurzel der bezüglichen Raupentheile lange Stränge

Digitized by Google

(K_2, K_3) sich nach innen erstrecken, die sich aber begreiflicherweise nicht so weit hinten wie die Weichfühler, sondern ganz vorne inseriren und eben aus diesem Grunde auch — um

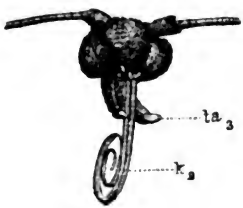


Fig. 182.

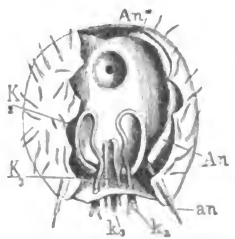


Fig. 183.

dennoch die nöthige Länge zu erhalten — mehrfach gebogen, ja z. Th. wie die Rüsselladen (K_2) oft knäuelartig gewunden sind.

Stamm.

Wenn wir, um die Größe der Stamm-Metamorphose zu bestimmen, eine Raupe (Fig. 184 A) und einen Schmetterling (C) neben einander legen, so scheint der Unterschied ein ganz gewaltiger zu sein.

Für's Erste ist der Schmetterlingstamm beinahe um die Hälfte kürzer als der Raupenstamm, was uns übrigens wegen der vielen Ausleerungen und der Bildung so vieler und z. Th. so großer Anhänge sehr gut einleuchtet. Für's Zweite ist aber die ganze Gliederung eine andere. Bei der Raupe ist nämlich der gesammte Rumpf nichts Anderes als ein einziger durch seichte Ringkerben in dreizehn gleiche Gürtel oder Somiten abgetheilter Schlauch, während der äquivalente Falterstamm in drei größere durch tiefe Einschnitte getrennte und unter einander ganz verschiedene Ab-

Digitized by Google

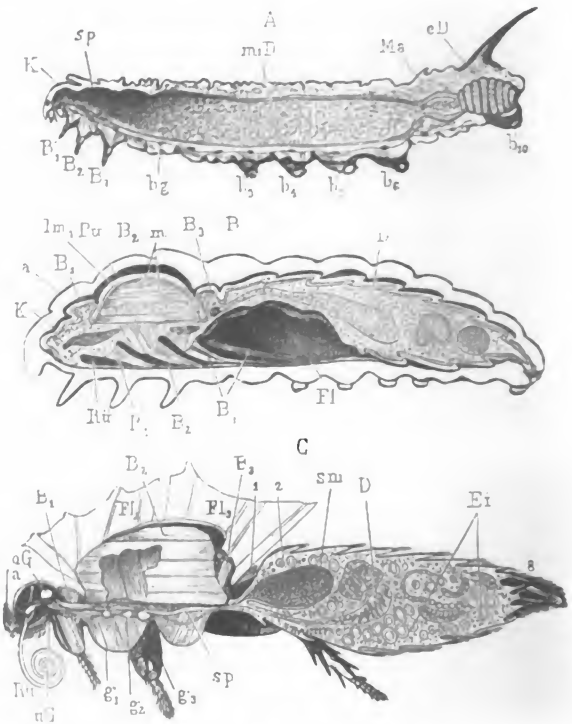


Fig. 184.

Zur Metamorphose der Schmetterlinge.

A Medianer Längsschnitt der Raupe des Wolfsmilchschwärmers, nat. Gr.
K Kopf, B_1, B_2, B_3 Vorder-, Mittel- und Hinterbrust resp. -Bein, b_3—b_{10} Stummelbeine des 3., 4. ꝛc. Hinterleibsringes, sp Speiseröhre, mD Mitteldarm mit Inhalt, eD Enddarm mit einem Kothballen, Ma Malpighi'sche Gefäße, bg Bauchganglienkette.

B Medianer Längsschnitt durch die Puppe eines Baumweißlings.
La schematisch umschriebene Haut der Raupe, Pu Haut der Puppe, Im darunter liegende Haut des Imago, Rü Rüssel, B_1, B_2, B_3 Vorder-, Mittel-, Hinterbrust resp. -Bein, Fl Flügelscheiden, m Längs- und Quermuskeln der Flügelbrust, D Darm. Vergr. 3/1.

Digitized by Google

C Medianer Längsſchnitt durch ein rothes Ordensband (Catocala).
ta Lippentaſter, Rü Saugrüſſel, oG oberes, uG unteres Schlundganglion, G_1, G_2, G_3 Vorder-, Mittel-, Hinterbruſtganglion, Fl_2, Fl_3 Mittel- und Hinterflügel, 1—8 erſtes bis achtes Hinterleibsſegment (die übrigen zwei ſind eingezogen), sm Saugmagen, D Darm, sp Speiſeröhre, Ei Eierſtock. Vergr. $^2/_1$.
(Original.)

theilungen, nämlich in den Hals (B_1), in die Flügelbruſt (B_2, B_3) und in den Hinterleib zerfällt.

Die Mittelfigur (B), wo wir von außen nach innen die Umriſſe von Raupe, Puppe und Falter neben und in einander haben, belehrt uns jedoch, daß dieſe Verſchiedenheit im Weſentlichen nur daher kommt, daß beim Falter mehrere der homonomen Raupenſtammglieder in größere Complexe vereinigt ſind.

So wird der Leſer bald heraus haben, daß das, was man den Hinterleib des Falters nennt, nichts Anderes als eine Vereinigung der zehn hinterſten Raupenſomiten iſt, die aber beim Imago viel ſtärker in einander geſchoben ſind.

Die Hauptumformung betrifft aber, wie man ſieht, den Vorderleib und beruht darauf, daß ſich der zweite (B_2) und damit im Zuſammenhang auch der dritte Ring ganz außerordentlich vergrößert, während ſich zugleich einerſeits zwiſchen ihm und dem Halsring und anderſeits zwiſchen der ganzen Flügelbruſt und dem Hinterleib ein tiefgehender Einſchnitt bildet, und außerdem noch die Wurzel des letzteren namentlich von unten her ſtielartig zuſammenſchrumpft. Beiderlei Vorgänge aber, die Erweiterungen und die Verengerungen, ſind, wie aus der innerſten (Imago) Contur zu erſehen, auf bloße Faltungen der Weichhaut zurückzuführen.

Die Puppe.

Das Ergebniß aller jetzt beſchriebenen Veränderungen an der Larve iſt bekanntlich die Puppe, die nun ihrerſeits aber nicht durch Metamorphoſe, ſondern, der Hauptſache nach wenigſtens, durch einfache Weiterentwicklung zum Imago wird.

Digitized by Google

Obwohl nun die Puppe mit gewisser Beschränkung so zu sagen schon das Imago selbst ist, so bestehen doch zwischen beiden mancherlei, im Folgenden kurz anzudeutende Unterschiede.

Was zunächst den Stamm angeht, so sieht der Leser an einer Falterpuppe (Fig. 184 B), daß hier der imaginale Charakter wohl angedeutet, aber noch bei weitem nicht vollständig ausgeprägt ist. So ist z. B. der Kopf (k) noch ganz unförmlich und im Gegensatz zum spätern tiefen Halseinschnitt nur durch eine seichte Einkerbung vom Rumpf

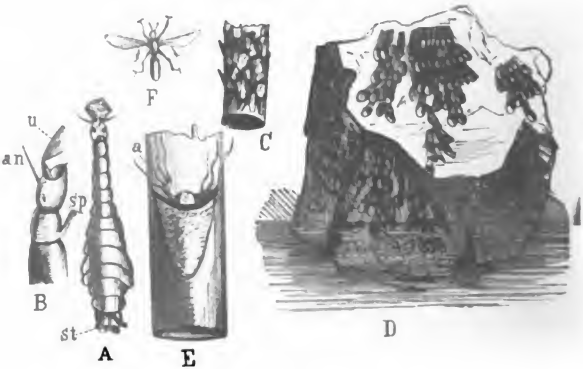


Fig. 185.

Zur Entwicklungsgeschichte der Kolumbatzer Fliege (Simulia col.), theils nach Präparaten des zool. Hofkabinets in Wien, theils nach Originalzeichnungen von Jos. Mann.

A Larve mit beweglichen Afterstigmenröhren st.
B Deren Vorderleib von der Seite. m Mund, u wedelförmige Kiefer (ganz analog aber nicht homolog den Corethra-Fühlern), an Fühler.
C Stück eines in Wasser untergetauchten Baumzweiges mit den pergamentartigen Köchern der Larve.
D Ein Stein mit solchen bedeckt. Nat. Größe.
E Eine solche Zelle mit der Puppe.
F Fliege.

Digitized by Google

getrennt. Desgleichen hat auch die Flügelbrust (B_2) noch lange nicht die spätere Größe ($C\,B_2$) und Selbständigkeit, und dasselbe kann man an der Corethra-Puppe (Fig. 174 B) sehen, wo der Brustttheil zwar stark aufgetrieben, aber vom Hinterleib noch nicht abgeschnürt ist. Letzterer Stammkörper zeigt bei näherer Vergleichung auch manche Differenzen, wobei wir von unwesentlicheren auch die hervorheben, daß die Chitinhaut bisweilen noch gewisse den Larven so eigenthümliche Haare und Rauhigkeiten besitzt.

Weit vielseitiger sind noch die Unterschiede bei den Gliedmaßen.

Sie beziehen sich erstens auf die Größe. Die meisten Anhänge und besonders die Flügel (Fig. 174 vF) müssen, um die definitive Ausdehnung zu erhalten, noch bedeutend wachsen.

Am wichtigsten, wenigstens für den ganzen Habitus der Puppe, sind aber die Lagedifferenzen. — Wenn die Puppe aus der Larvenhaut herauskommt, so erscheint sie oftmals — sogar bei Schmetterlingen — als ein sehr lebendiges, regsames Wesen, und da nun alle früher ganz dem Körper angedrückten Anhänge, wie Beine, Flügel, Palpen, Fühler u. s. w., durch den Druck des eingepumpten Blutes ausgestreckt werden, so glaubt man schon beinahe das Imago selbst vor sich zu haben.

Dieser pseudimaginale Zustand geht aber rasch vorüber, indem alle die genannten Glieder, in Folge der innern Unfertigkeit und Muskellosigkeit, wieder erschlaffen und am Körper herabhängen. Am größten ist aber bekanntlich dieser Contrast zwischen der frisch ausgeschlüpften und der späteren Puppe u. A. bei den Schmetterlingen, insofern hier die gewissen Anhänge, z. Th. unter gegenseitiger Verlöthung und starker Verharschung der Chitinfutterale, sich so enge an den Leib anschmiegen, daß sie gar nicht mehr als selbständige Theile, sondern nur als Erhabenheiten, als Relief des Stammes erscheinen.

Digitized by Google

Zur richtigen Beurtheilung dieser sog. „gemeiselten“ Puppen ist ein Querschnitt (Fig. 188 B), am besten gleich hinter der Brust, zur Hand zu nehmen. Man sieht hier an der Bauchseite, zwischen den lappenartigen Flügelscheiden (Fl), nicht weniger als acht in eine obere und untere Reihe geordnete Durchschnitte von röhrenartigen Chitinfuttералen, im Innern mit den entsprechenden (imaginalen) Weichgebilden. Die obere, eng geschlossene Reihe enthält die drei Beinpaare und zwar so, daß die Hinterfüße (B_3) zu innerst liegen. Die untere Reihe hingegen umfaßt, ganz seitwärts, die Fühler (an) und näher der Mitte, unterhalb der Hinter- und Mittelbeine, die Rüssel (rü) und Lippentasterscheiden.

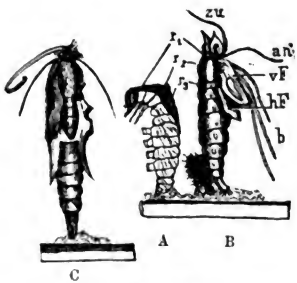


Fig. 186.

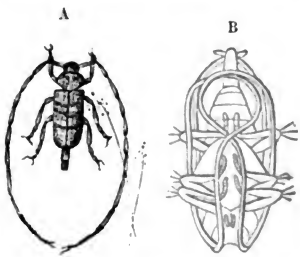


Fig. 187.
Zimmerbock.
A Imago. B Puppe.

Alle diese Anhänge bilden nun scheinbar mit dem Rumpf ein Ganzes, weil die Außenwand der äußern Gliedmaßenreihe, wie in der Zeichnung durch Verdickung der Contur angedeutet wurde, eine derbe Kruste bildet und weil ferner die ursprünglichen Lücken zwischen ihnen von ausgeschwitzter Chitinmaterie erfüllt sind.

Digitized by Google

Uebrigens gibt es auch hier vielfache Abweichungen ſowie Uebergänge vom „bedeckten“ in den gewöhnlichen halbfreien Puppenzuſtand, indem unter Anderm bei gewiſſen exotiſchen „Spinnern“ ſämmtliche Gliedmaßen vom Körper abſtehen.

Die auffallendſte und ſonderbarſte Lage unter allen Puppengliedmaßen haben aber unſtreitig die langen Fühler gewiſſer Böcke, die, wie Fig. 187 veranſchaulicht, mehrmals und kreuzweiſe den geſammten Körper umſchlingen.

Innerliche Veränderungen.

(Endo-Metamorphoſe.)

Obwohl nur wenige unſerer Leſer jemals eine Raupe, eine Puppe und einen Schmetterling behufs Kenntnißnahme und Vergleichung ihrer Einrichtung aufgeſchnitten und zergliedert haben dürften, ſo wird doch ſicherlich keiner daran zweifeln, daß die Metamorphoſe des Aeußeren faktiſch auch von gewiſſen Umwandlungen im Innern begleitet iſt.

Wenn der Leſer z. B. ſieht, daß ein urſprünglich kriechendes und wurmartiges Geſchöpf, wie die Raupe, lange Beine und Flügel bekommt, ſo muß er ja einſehen, daß dasſelbe nun auch eine andere Conſtruction der Bruſt, zumal hinſichtlich der Muskulatur, der Nerven u. ſ. w. verlangt, und ebenſo wird er ohne Zweifel beim Schmetterling, der ſich von Honig nährt, einen ganz andern Verdauungsapparat vorausſetzen als bei der Raupe, die ſich mit grob zerſchrotenen Pflanzenſtücken vollſtopft, obgleich hier die Veränderung nicht ſo unbedingt nothwendig erſcheint wie bei jenen Weichtheilen, die mit den veränderten Hautwerkzeugen direkt verbunden ſind.

Uebergehend auf die nähere Darſtellung dieſer äußerſt complicirten Verhältniſſe, ſo machen wir den Leſer ſchon im

Digitized by Google

Vorhinein darauf aufmerksam, daß hier neben der einfachen Entwicklung und Umformung auch vielfach noch tiefer eingreifende Veränderungen vorkommen, welche letztere denn auch einer separaten Besprechung bedürfen.

I. Innere Veränderung bei den metabolischen Insekten im Allgemeinen.

Indem wir den eigentlichen Proceß der einschlägigen Umwandlungen im Zusammenhang mit gewissen andern Vorgängen später erörtern wollen, ist es uns hier zunächst darum zu thun, den Leser an einigen Beispielen über den Umfang derselben zu orientiren, und in dem Sinne nehme man gleich die Längsschnitte auf Fig. 184 zur Hand.

An der obersten Abbildung, der Raupe, fällt uns vor Allem eine weite mit grobzerkauten Pflanzenstücken erfüllte Höhle, d. i. der Schlund- und Magendarm, auf. Wie man sieht, reicht derselbe fast bis ans Hinterende; nur schaltet sich vor dem After ein kurzer mit Längs- und Ringwülsten versehener Mastdarm (eD) ein, der den Kothballen die allen Raupenmästern wohlbekannte zierlich abgedrechselte Form gibt. — Im schmalen Zwischenraum zwischen der Magen- und der Leibeswand wird der Leser dann, zumal am gehärteten Thier, nicht viel Anderes bemerken, als eine krümelige weiße oder gelbliche Masse. Dies ist der sog. Fettkörper, in dem das nach Abzug der Selbsterhaltungskosten übrig bleibende Nährmaterial zum künftigen Gebrauche bei den vielfachen Neubildungen aufgespeichert wird. Ein sorgsamer Zergliederer entdeckt dann, wenn wir von dem ziemlich unverändert bleibenden Rückengefäß sowie von den schon im ersten Band erwähnten Genitalanlagen absehen, in dieser Fettmasse, und zwar unterhalb des Darmes die aus 12 Paaren ziemlich gleicher Knoten zusammengesetzte und ziemlich gerade Bauchganglienkette (bg). Die im Ober- und Unterkopf gelegenen

Digitized by Google

Nervenanschwellungen sind, dem Stumpfsinn des Thieres entsprechend, nur wenig größer als die früher genannten, und hinsichtlich der mit dem obern Schlundganglion verbundenen Sinnesorgane wollen wir nur die ganz winzigen aber in größerer Zahl, bis zu sechs, beiderseits des Kopfes befindlichen Aeuglein mit ihrer Linse und dem „retinula"-artigen Perceptionsapparat hervorheben.

Von ganz specifischen Raupenorganen sind dann noch die Spinndrüsen zu bemerken: zwei lange an den Seiten des Darmes sich hinschlängelnde Röhren, die, zumal gegen das Ende der Larvenperiode, mächtig anschwellen.

Dies wären die eigentlichen Eingeweide. Dazu kommen dann noch die bekanntlich von der Haut entspringenden Luftröhren und, von echten Weichtheilen, die Muskeln des Hautschlauches. Letztere, in unübertrefflicher Weise zuerst von Lyonet analysirt und geschildert, bilden ein von Ring zu Ring sich wiederholendes complicirtes Geflechte mehrerer Lagen von quer-, längs- und schieflaufenden Fasern und Bündeln, die am völlig ausgeweideten Balg einen prächtigen Anblick geben.

Die nun kurz skizzirte Einrichtung erhält sich im Wesentlichen bis ans Ende der Larvenzeit, ja strenge genommen sogar länger als der äußere Raupenhabitus.

Am anschaulichsten zeigt sich dies an einem Brustdurchschnitt kurz vor der Verpuppung (Fig. 188 A). Nimmt man hier die dornige Larvenhaut (la) ab, so hat man im Wesentlichen schon die (in der Zeichnung stark gefaltete) Contur der Puppe vor sich. Das Puppenhafte liegt besonders in den Flügeln (fl), welche als große, oben epaulettartig vorstehende Taschen am Rumpfe hängen.

Während also die Raupe äußerlich schon in den neuen Zustand übergetreten, finden wir sie innerlich noch ziemlich unverändert. — In der Mitte zunächst liegt ein weiter

Digitized by Google

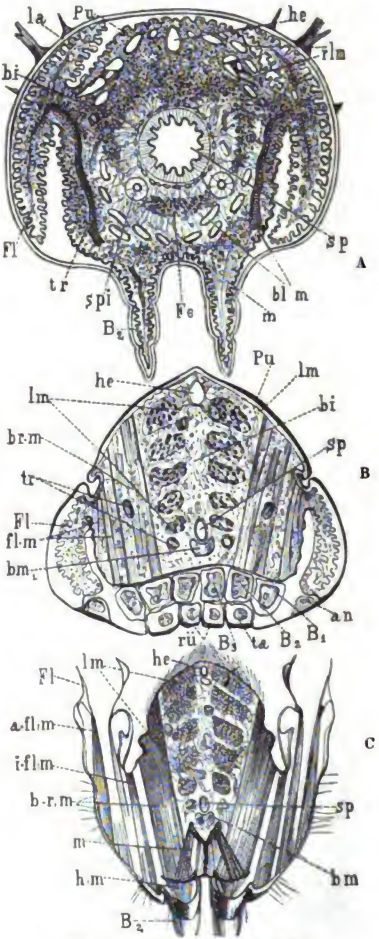


Fig. 188. (Erklärung s. S. 523.)

Digitized by Google

Schlauch (sp), der Magen, deſſen hohe wellig gefaltete Drüſenlage ſammt dem aus Längs- und Ringfaſern geflochtenen Muskelmantel am Schnitte mit allen Einzelheiten deutlich zu unterſcheiden iſt. Zwiſchen dieſem Kanal und der Haut bemerken wir ferner die ſchon oben erwähnte, von zahlreichen Tracheen durchſetzte Ausfüllungsmaſſe, den Fettkörper, der aus Faſernetzen mit eingeſtreuten z. Th. öltropfenartigen Zellen beſteht. Doch iſt dies Gewebe nicht mehr ſo compakt und zuſammenhängend, ſondern deutet durch ſeine mehr flüſſige Beſchaffenheit ſchon den Beginn der Auflöſung und überhaupt der künftigen Veränderungen an.

Weiters zeigen ſich an den Seiten des Darmes die zwei Spinnröhren (spi) und rings an der Peripherie mehrere Gruppen von z. Th. im Fettkörper eingebetteten Hautmuskeln (rlm, blm). Zumal in der Vertheilung der letzteren ſpricht ſich noch ganz der anfängliche Wurm-Typus aus.

Erklärung zu Fig. 188.

Zur Entwicklung der Flügelbruſt der Schmetterlinge (Baumweißling).

A Querſchnitt durch die Mittelbruſt einer Raupe kurz vor der Verpuppung.
la dornige Larven(chitin)haut, Pu faltige Zellhaut der Puppe, Fl Vorderflügelanlagen, B2 Raupenbeine, innerhalb welcher die Falterbeine ſammt ihren Muskeln (m) ſich bilden, he Herz, sp Speiſerohr mit Ring- und Längsmuscularis, rlm Rückenlängsmuskeln, blm Bauchlängsmuskeln der Raupe, spi Spinndrüſen, bi netzartiges Bindegewebe mit dem (dunkelkörnigen) maſſigen Fettkörper (Fe), tr Tracheen.

B Querſchnitt durch die Hinterbruſt einer 5tägigen (Hochſommer-) Puppe.
Pu Puppen-Chitinhaut, Im Imago-Zellhaut, Fl Flügel, B1—B3 Imagobeine, an Fühler, ta Lippentaſter, rü Rüſſel, alle dieſe Anhänge in einer beſonderen (Chitin-) Scheide, he Herz, sp Speiſerohr, bm Bauchmark, lm 5 Paare von Längsmuskeln des Imagothorax (die einzelnen Muskelbündel noch durch reichliches Bindegewebe (bi) von einander getrennt), brm pfeilerförmige Bauchrücken(Sagittal-)muskeln des Imagothorax, äm äußere und innere eigentliche Flügelmuskeln.

C Querſchnitt durch die Mittelbruſt eines ausgebildeten Falters.
Fl Flügelwurzel, a äm äußere, i äm innere Flügelmuskeln, lm 5 Paare Längsmuskeln (ganz compakt), brm äußere und innere Bauchrückenmuskeln, he Herz, sp Speiſerohr (ſehr eng), bm Bauchmark, m Muskeln der Bruſtplatte (an der chitinöſen Bruſtgabel entſpringend), hm Hüftmuskeln. (Original.)

Digitized by Google

Es gibt indeſſen ſchon jetzt auch einige ganz neue Erſcheinungen.

Wenn ſich am Larvenkörper gewiſſe Ausſtülpungen, wie die Flügel, bilden oder wenn die ſchon vorhandenen larvalen Anhänge, wie die Beine, Fühler ꝛc., vergrößert werden, ſo verſteht ſich's von ſelbſt, daß dieſe neuen Zubauten nicht leer bleiben, ſondern eine der jeweiligen Beſtimmung entſprechende innere Einrichtung erhalten, und daß ferner das Material hiezu dem bereits vorhandenen Binnenweichkörper entnommen wird. In letzterer Hinſicht, alſo betreffs der Entſtehung der inneren Neugebilde, hat man aber ſtreng zu unterſcheiden zwiſchen den hiezu dienenden Bildungsſtoffen im Allgemeinen und zwiſchen den eigentlichen grundlegenden Bau- oder Bildungselementen.

Das Bildungsmaterial im Allgemeinen ſtammt vorwiegend aus dem Blut, dann aus dem Fettkörper, ſowie von gewiſſen andern Organen und Geweben her. Dagegen iſt der Urſprung der Bildungselemente, wie noch ausführlicher im nächſten Kapitel zu erörtern, aus naheliegenden Urſachen oft außerordentlich ſchwierig aufzudecken. Da alle organiſchen Bildungen aus Zellen hervorgehen, ſo wiſſen wir nur, daß auch die Anlagen dieſer Theile aus ſolchen beſtehen, und mit Bezug auf analoge Verhältniſſe bei andern Thieren iſt es das Wahrſcheinlichſte, daß dieſelben von bereits vorhandenen Geweben abſtammen.

Zur näheren Erläuterung dieſer Gewebsbildung oder Hiſtogeneſe in den imaginalen Hautausſackungen mögen vorläufig ein paar Abbildungen dienen.

In Fig. 188* ſieht man wieder die erſte Anlage eines Falterfühlers. Während die fertige Antenne mit allerlei compakteren Geweben, zumal mit zahlreichen Muskeln, Tracheen,

Digitized by Google

Nerven u. ſ. w. ausgerüſtet iſt, findet man hier im Lumen derſelben außer einem im Bau begriffenen Luftrohre (tr) nichts als eine trübe körnchenreiche Flüſſigkeit mit aufgeſchwemmten Blutkörperchen (bl) und einigen verſchiedenartigen größeren Zellgebilden (kz). Ob nun unter den letzteren auch ſchon die Elemente ſind, welche die Grundlage der genannten Gewebe

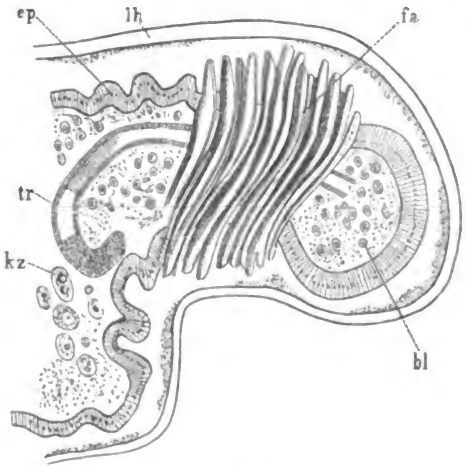


Fig. 188*.

formiren werden, oder ob dieſe erſt ſpäter von anderswoher kommen, wer möchte dies entſcheiden? Es iſt ja Beides möglich.

Deutlicher ſcheint die Sache, wenigſtens nach Weismann, an den Imaginalbeinen der oben geſchilderten Corethra-Larve.

In Fig. 177 (S. 499) bemerkt man, daß zu jedem der Borſtenbündel (b_1—b_3), die genau an der Stelle ſitzen, wo

Digitized by Google

ſpäter durch die bekannte Hauteinſtülpung die Beine entſtehen, ein (Sinnes-) Nerv hintritt, der direkt aus dem zugehörigen Bruſtganglion (g_1—g_3) entſpringt. — Nachſtehende Fig. 189 zeigt nun ein ſolches halbreifes Corethra-Bein vergrößert. Man ſieht die zellige Wand und mitten durch den anfangs nur mit Blut erfüllten Hohlraum den vorerwähnten (dunklen) Nerv (n)

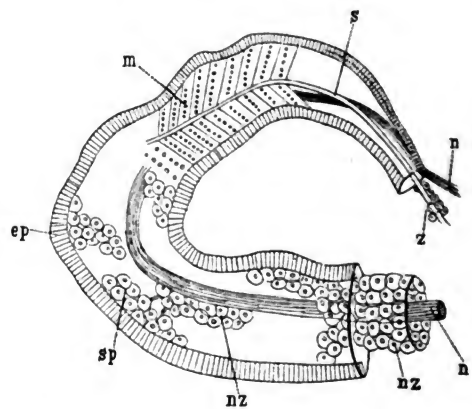


Fig. 189.
Anlage der Imagobeine in der Corethra-Larve, ſchematiſch nach Weismann.
ep Epithel des Beines, n dasſelbe durchziehender Nerv, nz zelligt (äußere?) Scheide desſelben, sp Zellen vom Epithel, nz vom Neurilemm abgelöſt, m aus letzteren Zellen hervorgehende Muskeln, s Sehne, z zelliges Futteral derſelben.

ſich erſtrecken. Wie die meiſten Nerven iſt auch dieſer von einer beſonderen Hülle, dem Neurilemma, umgeben. Zu einer gewiſſen Zeit tritt nun an den Zellen dieſer Nervenſcheide (nz) eine ſo lebhafte auf Theilung beruhende Vermehrung auf, daß ſie ſchließlich faſt das ganze Beinlumen occupiren. Durch räumliche Sonderung und andere Differenzirungen dieſer Zellen

Digitized by Google

entstehen dann die verschiedenen Binnengewebe, zumal die Muskeln und nach Weismann auch die zugehörigen Sehnen (s), welche sonst direkt vom Hautblatt ausgehen.

Kehren wir nun nach dieser histogenetischen Orientirung zu unserm Thema zurück. Wir wollten, speciell bei den Schmetterlingen, das Maß und die Natur der innern Umbildungen kennen lernen und haben zuletzt die Einrichtung der Raupe an einem Brustquerschnitt skizzirt. Zu einiger Vervollständigung möge man noch ein Diagramm durch den Kopf (Fig. 190) in Augenschein nehmen.

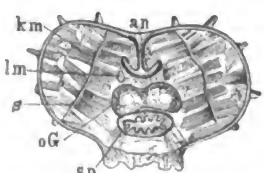


Fig. 190.
Frontalschnitt eines Raupenkopfes (nahe dem Hinterende).
an ankerförmige Chitinplatte, km große Kaumuskeln, s Sehne derselben, lm mediane Längsmuskel, sp Speiserohr, oG Gehirn (oberes Schlundganglion). (Original.)

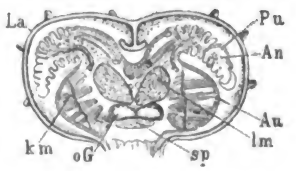


Fig. 191.
Dasselbe kurz vor der Verpuppung.
La die von der zelligen Matrix abgehobene Chitinhaut der Raupe, Pu Zellhaut der Puppe, An Fühler-, Au Augenanlagen, km Kaumuskelreste, lm Längsmuskeln, oG oberes Schlundganglion, sp Speiseröhre. (Original.)

Von bekannterem Detail sei vor Allem die gefaltete Schlundröhre (sp) erwähnt. Der Zwillingsknoten hart darüber ist offenbar das obere Schlundganglion, das Gehirn; wie man sieht, von sehr bescheidenem Umfang. Die gesammte übrige Kopfkapsel enthält dagegen (wenigstens im hintern und mittleren Theil) fast nichts Anderes als Fleisch oder Muskeln (km), die sich um je eine flügelartige derbe Sehne (s) gruppiren. Diese Muskeln gehören den kräftigen Kiefern oder Beißwerkzeugen an.

Digitized by Google

Vergleichen wir nun, um uns den ganzen Umfang der innern Metamorphose recht deutlich vor Augen zu führen, die Organisation der Raupe mit der des Schmetterlings und zwar zunächst mit Hilfe der Längsschnitte (A, C) auf Fig. 184.

Um wieder mit dem Mittelorgan, dem Darm, zu beginnen, so entdecken wir da nichts mehr von der weiten Höhlung, die beinahe den ganzen Raupenschlauch erfüllte. Der Darm, und speciell dessen Vordertheil, hat sich eben aus einem Sack in ein enges Rohr (sp) verwandelt. Was er aber an Umfang verloren, das ist z. Th. an Länge zugewachsen. Mittel- und Hinterdarm ist nämlich nicht mehr gerade, sondern vielfach hin- und hergewunden, weshalb am Längsschnitt nur einzelne längs-, schief- nnd querdurchschnittene Stücke (D) zu sehen. Ganz neu ist eine große durch Ausstülpung des Schlundrohres entstandene Blase, der sog. Saugmagen (sm), welcher als Speisereservoir zu betrachten ist. Der durch Reducirung des Darmvolumens gewonnene Raum wird hinten, im abgeschnürten Abdomen, von den jetzt mächtig entwickelten Geschlechtsorganen, resp. den Eierstöcken (Ei) sammt Zubehör eingenommen. Im letztern Abschnitt findet man auch, zumal bei den Weibchen, veränderte Reste des Fettkörpers, die bei der Entwicklung der Eier allmälig verschwinden.

Die augenfälligste Umgestaltung hat die Muskulatur erlitten. Am deutlich geringelten Hinterleib, der überhaupt von der Metamorphose relativ am wenigsten betroffen wird, hat sich im Wesentlichen allerdings der gegliederte Muskelschlauch der Raupe erhalten; dagegen zeigt uns der imaginale Vorderrumpf oder die Brust eine total veränderte Einrichtung. Mittel- und Hinterbrust, wo eben die Flügel sitzen, bilden nicht mehr einfache Ringe mit den nach dem Muster der Hinterleibssegmente eingerichteten Faserlagen, sondern sie formiren einen selbständigen Körperabschnitt in Gestalt eines buckeligen

Digitized by Google

Gehäuſes (C, B), das, beſonders in ſeinem Oberbau, faſt ausſchließlich nur mit Muskeln erfüllt iſt. Dieſe Muskeln ſtellen ein wohlgeordnetes Syſtem von Längs- und Seitenbalken dar. Erſtere liegen, wie der Längsſchnitt zeigt, und zwar fünf durch tracheenreiches Bindegewebe unterbrochene Etagen bildend, in der Mitte; letztere (an einer durchbrochenen Stelle zu erkennen) ſchmiegen ſich an die Seitenwände.

Am ſchönſten zeigt ſich dieſes neue Muskelwerk ſowie der Unterſchied im Vergleich zur Raupenbruſt am Querſchnitt Fig. 188 C. Der Leſer erkennt in dem hellen keilförmigen Mittelraum die fünf Paare von Längsbalken (lm) und dann die gewiſſen bereits im I. Bd. näher geſchilderten, theils pfeiler-, theils ſtrangartigen Seitenmuskeln (brm, iflm, aflm), zu denen dann an der Bauchſeite noch diverſe Beinmuskeln hinzukommen.

Was nun die Entſtehungsweiſe dieſes Mechanismus anlangt, ſo läßt ſich mit Sicherheit nur ſo viel erkennen, daß dabei der Fettkörper eine wichtige Rolle ſpielt.

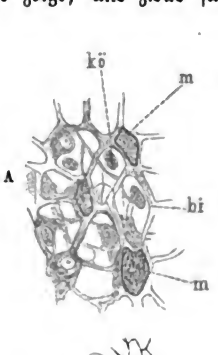


Fig. 192.

Zur Entwicklung der Längsmuskeln in der Flügelbruſt der Falter (Baumweißling).

A Stück vom Querſchnitt des betr. Muskels, entſprechend Fig. 188 B. bi netzartiges Bindegewebe mit Zellen (kö) und Muskeln (m).

B Stück vom Querſchnitt desſelben Muskels im ausgebildeten Zuſtand (die Muskelfaſern zu einem compakten Strang vereinigt).

(Original.)

Eine Art Mittelſtadium, von einer Puppe, ſieht man am Längsſchnitt Fig. 184 B, ſowie am Querſchnitt Fig. 188 B. An letzterem ſind die Umriſſe der Imaginalmuskeln zwar

Digitized by Google

angedeutet, ihr Gefüge ist aber noch ganz locker, indem sie, wie Fig. 192 zeigt, sozusagen nur zur Hälfte aus schon fertigen Fasern (m), zur andern Hälfte dagegen aus noch unverarbeitetem Zellmateriale (kö) bestehen.

Daß bei einer so bedeutenden Umwandlung des innern Bewegungsapparates auch das zugehörige Nervensystem manchen

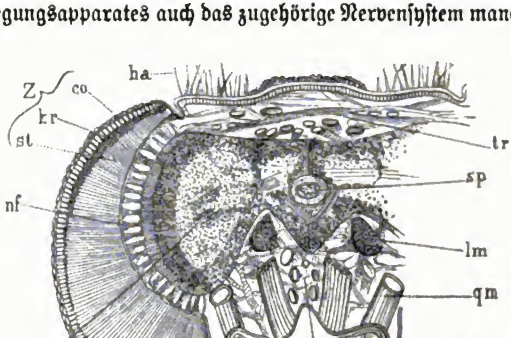


Fig. 193.

Frontalschnitt durch die Mitte des Kopfes eines fast ausgebildeten Falters (von einer 5tägigen [Hochsommer-] Puppe), Puppenhaut entfernt.

ha Haare der Chitinhaut des Imago, z z. Th. aus der Zellhaut (Hypodermis) der Puppe hervorgegangenes Auge, und zwar co Cornea, kr Zone der Krystallkegel, st Zone der Seh(nerven)stäbe, geh seitliche Wände des Augengehäuses, in die Innenwand desselben übergehend, nf durch die Verlängerung der Augenschläuche verkürzte Lage der Sehnervenfasern, Aug Augenganglion, tr das Gehirn umspinnendes Bindegewebe mit seinem Tracheennetz, lm Längs-, qm Quermuskeln, ta Lippentaster. Rü Rüssel. (Original.)

Veränderungen unterliegt, ist selbstverständlich. Sie bestehen, wie in ausführlichster Weise bereits Herold nachgewiesen, vorwiegend in der Reduktion der Hinterleibsknoten, sowie in der Vergrößerung und Annäherung der Flügelbrustganglien (vgl. Fig. 184 C g_2, g_3).

Digitized by Google

Es erübrigt noch eine kurze Betrachtung der Umwandlungen im Kopftheil, beziehungsweise, da wir die Einrichtung des Raupenkopfes bereits kennen, der Vergleich mit dem Falterhaupt.

Das Wesen des letzteren prägt sich am bestimmtesten an einem Querschnitt (Fig. 193) aus. Man beachte vor Allem das mit dem untern Schlundganglion verschmolzene und von

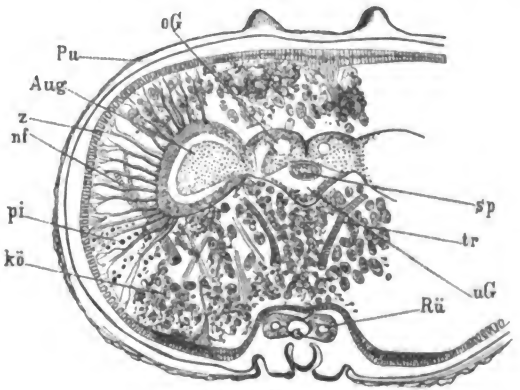


Fig. 194.

Frontalschnitt durch die Mitte des Kopfes einer 2tägigen (Hochsommer-) Puppe. Pu abgehobene Chitinhaut der Puppe, z Zellhaut (Hypodermis) des Imago mit den in Entwicklung begriffenen Krystallkegeln, oG oberes Schlundganglion, Aug das demselben ansitzende große Augenganglion (mit seinen verschiedenen Zell- und Faserlagen), nf davon zur Augenoberfläche ausstrahlende Sehnervenfasern, dazwischen „Körnchenkugeln" (kö), Pigment (pi) in eigenen Zellen und Tracheen, uG unteres Schlundganglion, sp Speiseröhre, Rü Rüssel. (Original.)

der Speiseröhre (sp) durchbohrte Gehirn mit den neu hinzugewachsenen umfangreichen Seiten- oder Augenlappen (Aug). Der ganze Raum zwischen letzteren und der Kopfwandung, der bei der Raupe (Fig. 190) von den Kaumuskeln occupirt wird, ist hier durch die vielstrahlige Netzhaut der Facettaugen ausgefüllt.

Digitized by Google

Sonst sind noch hervorzuheben: ein lockeres Bindegewebe (bi) mit zahlreichen Luftröhren (tr) und dann gewisse hauptsächlich zur Bewegung der Kopfanhänge bestimmte Muskelbündel (qm), von welchen manche Längsstränge (lm) von der Raupe (Fig. 190 lm) herzustammen scheinen.

Ein überaus lehrreiches Stadium des Ueberganges vom Raupen- in den Falterkopf haben wir in Fig. 194 fixirt. Man sieht zunächst ganz außen die warzige Puppenhaut (Pu) und darunter die von einer Entwicklungsphase zur andern sich fort erhaltende Weichhaut oder Hypodermis. Ein Blick ins Innere führt uns in medias res der Metamorphose ein. Es ist fast alles Alte, alles Raupenhafte theils zerstört, theils in völliger Auflösung begriffen, und vom Neuen, vom Imaginalen ist auch noch wenig vorhanden.

Bei diesem Sachverhalt wird sich der Leser auch nicht länger mehr darüber verwundern, daß die Puppe der Falter sowie vieler anderer Insekten, bei denen der innere Umbau so plötzlich geschieht, für gewisse Zeit so gut wie todt ist.

Indessen erblicken wir mitten in dem Chaos von Trümmern alter Theile und von Anfängen künftiger Bildungen doch wenigstens ein Organ, das von dieser allgemeinen Zerstörung verschont bleibt, nämlich das Gehirn (oG), und in der Continuität des Centralorgans spricht sich zugleich, bei allem Wechsel der Organisation, die ununterbrochene Fortdauer und Einheit des Lebens aus.

II. Innerliche (endogene) Bildung des Imago gewisser Zweiflügler (Musciden).

So sehr Raupe und Schmetterling und überhaupt Larve und Imago der bisher behandelten metabolischen Insekten ihrer ganzen Erscheinung nach von einander verschieden sind, so haben wir uns doch überzeugt, daß zwischen denselben ein

Digitized by Google

inniger und unmittelbarer Zuſammenhang beſteht, daß der ſpätere Zuſtand im Vergleich zum früheren nicht etwas wirklich Neues, Abgeſondertes und Apartes darſtellt, ſondern daß es ſich lediglich um eine neue Determination, um eine neue Ausprägung einer in der Hauptſache unveränderlich bleibenden Grundform und Weſenheit handelt.

Ganz anders ſtellt ſich aber das Wechſelverhältniß zwiſchen Larve und Imago bei gewiſſen Dipteren (Musciden), z. B. bei unſerer Stuben- und Schmeißfliege dar, deſſen nähere Kenntniß man den ausgezeichneten Unterſuchungen Weismann's (1864) verdankt.

Das Eigenartige liegt darin, daß wenigſtens gewiſſe Körperabſchnitte des Imago — und zwar betrifft dies den geſammten Vorderleib — ſich nicht als einfache Umformungen der betreffenden Larventheile erweiſen, ſondern daß für dieſe Gebilde ein ganz neuer, ein vom Beſtehenden völlig unabhängiger Anfang geſetzt wird.

Ganz beſonders iſt noch zu betonen, daß ſpeciell auch das rein Aeußerliche oder die Haut der Fliege (nach W.) keine exo- oder dermogene, das will ſagen keine aus dem Integument der Made hervorgehende Bildung iſt, ſondern daß man es auch hier mit einem völlig innerlichen oder endogenen Erzeugniß zu thun hat.

Da manchen unſerer Leſer dieſe Verhältniſſe ganz unbekannt ſein dürften, ſo wird zunächſt eine vorläufige Orientirung an der Hand der nachſtehenden Fig. 194* am Platze ſein.

Die drei erſten hier abgebildeten Typen (A, B, C) geben Beiſpiele für die verſchiedenen Arten oder beſſer Grade der gewöhnlichen Metamorphoſe, wobei beſonders zu beachten, daß hier Larve und Imago in ihrer ganzen Ausdehnung eine und dieſelbe Weichhaut, alſo auch eine und dieſelbe Weſenheit beſitzen.

Digitized by Google

Anders findet man es beim untersten Bilde (D), das sich eben auf die exceptionelle Entwicklung der Musciden bezieht.

Hier haben nämlich Larve und Imago nur einen gemeinsamen Körpertheil, d. i. den Hinterleib, während der (dunkler

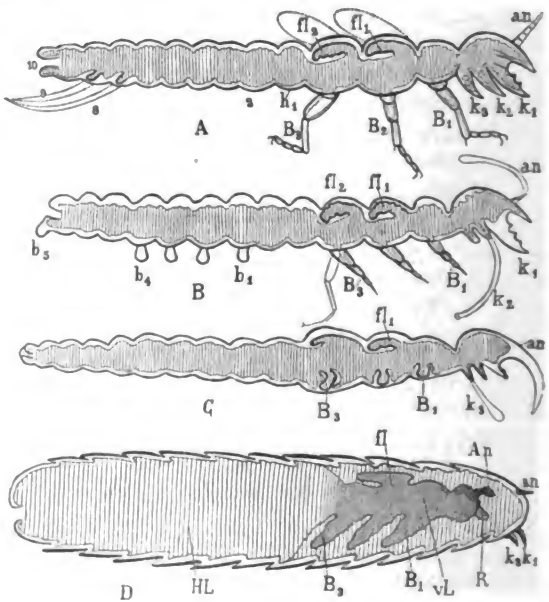


Fig. 194*.

gehaltene) Vorderleib des Imago sich nicht mit dem zugehörigen Larventheile deckt, sondern als ein separater Einschluß, gewissermaßen als eine Kernbildung erscheint, um den die Larvenhaut die Schale oder den Mantel darstellt.

Digitized by Google

Am deutlichsten zeigt sich dieser Gegensatz zwischen dem vordern und hintern Theile des Imagokörpers in dem Umstande, daß am Hintertheil im Ganzen nur zwei, am vorderen dagegen drei verschiedene Conturen beziehungsweise Hautlagen zu sehen sind, wovon die innerste ausschließlich dem Vorderleib des Imago allein eigen ist, während die zwei andern der Weich- und Harthaut der Larve entsprechen.

Noch besser lassen sich diese Verhältnisse an einem plastischen Modell erläutern. Man modelt zuerst aus Wachs die Weichhaut der Fliegenlarve. Dann aus Thon deren hauptsächlichste Binnenorgane. Endlich bildet man aus anders gefärbtem Wachs den hohlen Vorderleib der Fliege und steckt ihn derart in den Vordertheil des (aus Thon gemachten) Binnenkörpers hinein, daß ein Theil des letzteren innerhalb, ein anderer außerhalb dieser eingeschachtelten Wachsform liegt. Da jedoch, wie später zu zeigen, die Anlage des imaginalen Vorderleibes keine zusammenhängende, keine continuirliche ist, so bilde man die Form desselben nicht aus einem Stück, sondern aus mehreren Theilen, und lasse zwischen denselben Lückenräume, durch welche die äußern Partieen des Larven-Binnenkörpers mit den inneren zusammenhängen.

Doch unsere Fliegen bestehen nicht aus Wachs und Thon, und so wollen wir denn daran gehen, ihren so wunderbar complicirten und merkwürdigen Verwandlungsproceß auch ins Feinere zu verfolgen und darzustellen.

Um vorerst genügendes Material zur Untersuchung dieser Vorgänge zu erhalten, setzen wir ein Stück faulendes Fleisch aus. Bald kommen diverse Fliegen und legen Häufchen kleiner länglicher Eier ab, welche letztere sehr rasch, oft in ein paar Tagen entwickelt sind. Besehen wir uns nun zunächst einen solchen fast reifen Fliegenembryo, so finden wir ihn ganz nach dem allgemeinen Insektentypus geformt und angelegt, und

Digitized by Google

dies besonders auch hinsichtlich des Kopfabschnittes, der in die gewöhnlichen vier Segmente mit je einem Gliedmaßenpaar zerfällt.

Manche dieser Kopftheile erfahren aber noch im Ei, theils durch Reduktion, theils durch Einziehung und Concentrirung, eine so große Veränderung, daß man sie an der auskriechenden Made ohne den frühern Zustand zu kennen vergeblich suchen würde.

Insbesondere ist hervorzuheben, daß der Kopf der Made mit seinem auffallend weit nach hinten gerückten Gehirn gar keinen selbständigen Abschnitt darstellt, sondern daß er mit den übrigen perspektivartig aus- und einziehbaren Rumpfringen zu einem von hinten nach vorne sich zuspitzenden kegel- oder keilartigen Körper verschmolzen ist, wie er für die bekannte Lebensweise dieser Geschöpfe kaum passender geformt sein könnte.

Gewisse andere Eigenschaften geben unsern Würmchen zugleich die Fähigkeit, sich durch die engsten Spalten und Ritzen durchzuwinden. Es beruht dieselbe einmal auf der ganz erstaunlichen Elasticität und Schmiegsamkeit ihres reichlich mit Muskeln ausgestatteten und mit großen dehnbaren Gelenksfalten versehenen Hautschlauches und dann auf der leichten Verschiebbarkeit ihrer Eingeweide. Will nun eine solche Made durch eine Spalte, die weit schmäler als sie selbst ist, so bemerkt man Folgendes. Zunächst ziehen sich die ohnehin sehr schmalen Vorderringe unter gleichzeitigem Zurücktreten der Innentheile in einen dünnen Faden aus, der, während der dicke Hintertheil diesseits wartet, durch die Ritze schlüpft und dort mit seinen gewissen Häkchen (Fig. 195 k) sich vor Anker legt. Hierauf werden zunächst die Eingeweide nach und nach und oft unter erstaunlicher Zerrung durch den Engpaß befördert. Der Rest der Arbeit ist dann eine Kleinigkeit: der ausgeweidete d. i. nach vorne

Digitized by Google

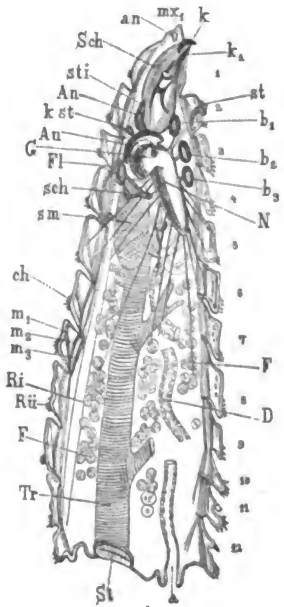


Fig. 195.

Medianer Längsſchnitt durch eine ältere Musciden- (Schmeißfliegen-) Larve mit nach Weismann's und eigenen Befunden halbſchematiſch eingezeichneten innern Organen. Vergr. 6 1.

Die intenſiv ſchwarzen inneren Gebilde zwiſchen dem 2. und 3. Leibesring ſind die Anlagen für den ganz neu zu bildenden Kopf und die Bruſt der Fliege.

1—12 Leibesringe, ch Chitinhaut (die ſie erzeugende Epidermis iſt nicht gezeichnet), m1 ſchiefe äußere, m2 gerade äußere, m3 gerade innere Hautmuskel, k paarige Kieferhaken, k1 unpaares durch Verſchmelzung der eigentlichen Oberkiefer entſtandenes Bohrorgan, an Fühler, mx1 rudimentäre Maxille, Schl Schlundkopf, st vorderes Larvenſtigma am 2. Segment, b1, b2, b3 Vorder-, Mittel- und Hinterbeinanlage, G Gehirn, N Bauchmark, Au Augenſcheibe, sti Stirnanlage, An Fühleranlage, kst Anlage des Kiemenſtigma's, Fl der Flügel, sch der Schwinger, sm Saugmagen, D Mitteldarm, a After, F Fettkörper, Tr Tracheenlängsſtamm, St Stigma desſelben, Rü Rückengefäß.

Digitized by Google

entleerte Hintertheil läßt sich ja, unter gehöriger Kraftanstrengung des vorderen, bequem hinüberziehen.

Wesentlich unterstützt werden diese Bohrbewegungen durch die auch manchen andern wurmartigen Schmarotzern eigenthümlichen nach hinten gerichteten Dornen, die — man vgl. Fig. 159 O — oft kranzartig die einzelnen Ringe umspannen.

Im Einzelnen ist nun, zunächst hinsichtlich der äußeren Ausrüstung, das erste und das letzte Körpersegment beachtenswerth. Ersteres ist kegelartig zugespitzt und trägt mehrere theils freie, theils einziehbare Anhänge. Von letzteren erwähnen wir vor Allem die kurzen nur mit der Lupe sichtbaren Antennen (Fig. 195 an), ferner die ganz an die Leibesspitze vorgeschobenen und an dieser Stelle gleichfalls der Orientirung dienenden Mittelkiefertaster (mx_1). Gleich dahinter an der Mundöffnung sieht man dann ein Paar schwärzliche Chitinhaken, die, mit einem innern holzbockartigen Gestell verbunden, durch einen complicirten Muskelmechanismus (Sch) hervorgestoßen und wieder eingezogen werden. An ganz jungen Maden bemerkt man außerdem am gleichen Orte eine zweischneidige Chitinspitze (k_1), die, nur zum Aufritzen der Eischale bestimmt, schon bei der ersten Häutung verloren geht. Nach Weismann ist der erwähnte Schlundtheil nichts Anderes als der in das zweite Segment eingestülpte Vorderkopf sammt dem Mandibularsegment, und gehören die Hauptanhänge des Madenmundes, die gewissen Haken, zu ersterem, während das unpaare dolchartige Organ durch Verwachsung der embryonalen Oberkiefer entsteht. Auf die Weise erklärt sich auch das anscheinend paradoxe Verhältniß, daß die Oberkiefer (k_1) hinter den Mittelkiefern oder Maxillen (mx_1) liegen.

Am Schlußsegment ist dessen schief von oben nach unten abgestutzte Endfläche beachtenswerth. Der Laie würde, wenigstens an einer todten Made, wahrscheinlich diesen Pol für den Kopf halten und zwar wegen der zwei dunklen augen-

Digitized by Google

artigen Flecke an demselben. Solche Organe brauchen aber die Maden nicht, und die vorliegenden sind nichts Anderes als die Luftlöcher oder Stigmen (St), die aus guten Gründen an diese am wenigsten der Verstopfung ausgesetzte Stelle verlegt sind und nur eine enge durch ein Haarnetz geschützte Athemritze haben. Die papillenartige Erhebung (a) gleich unter dieser Stigmenplatte ist der After.

Wir kommen nun an die innere Einrichtung, und verweisen zunächst auf die Hautmuskulatur, die an unserm Längsschnitt ganz naturgetreu wiedergegeben. Sie besteht von Ring zu Ring aus zwei Lagen (m_2, m_3) Längsbänder, welche eben die Segmente in einander ziehen, ferner aus schiefen Bündeln (m) und endlich aus je einem Paar seitlicher Stränge, die aber selbstverständlich nur an einem Querschnitt (Fig. 196 sm) gut zu sehen sind. An letzterem bemerkt man auch, daß die senkrecht getroffenen Längsmuskeln am Rücken (rlm), am Bauche (blm) und an den Seiten (oslm und uslm), also ringsum ziemlich gleich entwickelt sind, während eigentliche Ringmuskeln ganz fehlen.

Im Ganzen hat die Muskulatur manches Analoge mit jener der „Rundwürmer".

Von andern Hautorganen sei dann das Tracheensystem erwähnt. Selbes besteht aus zwei seitlichen baumartig aus den früher bezeichneten Afterstigmen sich erhebenden und in mannigfachster Weise an den Eingeweiden sich verzweigenden Stämmen (Tr), über deren Lage auch der Querschnitt (Fig. 196 Tr) guten Aufschluß gibt.

Von auffallender Länge und Complication namentlich gegenüber dem höchst einfachen Darmschlauch der Raupen erscheint das Verdauungssystem unserer Maden. Es hat selbes, bei ähnlicher Ernährungsweise durch Aufsaugen flüssiger Stoffe, sogar eine auffallende Analogie mit dem der Schmetterlinge und überhaupt der saugenden Insekten. Außer dem bereits erwähnten Pumpmechanismus oder Schlundkopf

Digitized by Google

und einem kurzen derbhäutigen Speiserohr (Fig. 196 Oe) ist vor Allem der abgeschnürte Saugmagen (Fig. 195 sm) sowie der vielfach gewundene Chylus- oder Schleimdarm (Fig. 195 und Fig. 196 chD, chD¹) beachtenswerth.

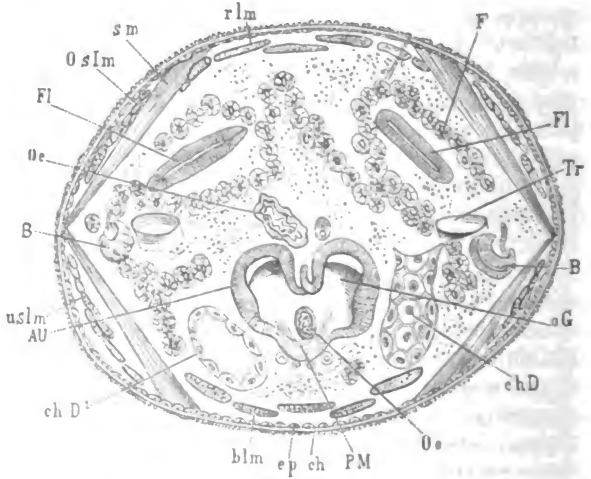


Fig. 196.

Querschnitt durch den 4. Leibesring einer Musciden- (Fliegen-) Larve.

ch Chitin-, ep Zellhaut (Epithel), blm Bauchlängs-, slm Seitenlängs-, rlm Rückenlängsmuskeln, sm Sagittalmuskeln, Oe und Oe' Oesophagus (Speiseröhre), F schnurf. Fettkörper, Tr Tracheenlängsstämme, chD großzelliger Chylusdarm (chD¹ im Querschnitt), oG oberes Schlundganglion (Gehirn), PM Bauchmark. An dem Gehirn (?) entsprossene Augenscheiben, B Bein-, Fl Flügelscheiben. Vergr. $^{24}/_{1}$.

(Original.)

Höchst eigenthümlich, weil gar nicht mit der gleichmäßig zerstückelten Körperform harmonirend, ist das Nervensystem. Statt einer Kette von Ganglien, wie bei der Raupe, finden wir hier (Fig. 195) zwischen dem 3. und 5. Ring eine kurze „pistolenartige" Nervenmasse (N), deren Handgriff (G) dem Gehirn,

Digitized by Google

deren übriger Theil dem gesammten Bauchmark entspricht. Vom ersteren gehen Nerven vorwiegend zum Vorderkörper, von letzterem zahlreiche straff ausgespannte Fasern zum Hinterleibe.

Dies sind — das zwar sehr eigenthümliche Rückengefäß (Rü) lassen wir ganz bei Seite — die eigentlichen Eingeweide. Dazwischen befindet sich nun das Blut, und als solidere Ausfüllung der aus großen perlschnurartig aufgereihten Zellen bestehende Fettkörper (Fig. 196 F).

Zum Beschluß sei noch das gerade diesen Larven so nothwendige System der sog. Visceralmuskeln genannt, welche sich zwischen Haut und Eingeweiden ausspannen und die oben erwähnten Verschiebungen der letztern möglich machen.

Streng genommen müßte nun, um das Ziel und einigermaßen auch den Umfang der den Musciden eigenthümlichen Metamorphose zu bezeichnen, eine nähere Schilderung des Imago folgen; da jedoch der Typus einer „Fliege" jedem Leser geläufig, werden folgende Hauptkennzeichen genügen. Die Fliege hat im Gegensatz zur Larve einen wohl abgesonderten Kopf mit großen Facettaugen, mehrgliedrigen Fühlern und dem bekannten vieltheiligen Saugrüssel. Sie besitzt weiters eine gleichfalls ganz selbständige aus drei Ringen verschmolzene Brust, oben mit einem Flügelpaar, unten mit den sechs Imagobeinen. Endlich kommt ihr noch ein Hinterkörper zu mit z. Th. verwachsenen, theils eingezogenen Leibesringen.

Auch hinsichtlich des Innern seien nur die augenfälligsten Unterschiede genannt. Am Verdauungstrakt fehlt der Schlundkopf und sind die übrigen Theile vielfach umgearbeitet. Das Nervensystem ist ganz anders, indem hier zum typischen Schlundring noch eigene Brust- und Leibganglien kommen. Desgleichen ist, bis auf die Längsstämme, das Tracheensystem ein anderes, indem ja, von andern Abweichungen und der

Digitized by Google

Einschaltung von Blasen abgesehen, die Zuleitung nicht von hinten, sondern von den Seiten her erfolgt. Am auffallendsten ist schließlich — wie zwischen Raupe und Falter — der Unterschied in der Hautmuskulatur.

Wir kommen nun zur Schilderung des Veränderungsprocesses selbst, die wir zu besserer Uebersicht in zwei Abschnitte theilen werden.

a) Anlage und Entwicklung des imaginalen Vorderleibes in der Larve.

Aus den kurzen Vorerläuterungen dieses Kapitels wird der Leser entnommen haben, daß bei der Bildung des Musciden-Imago in mancher Hinsicht wieder die alte Einschachtelungstheorie zu Ehren kommt, insoferne nämlich, als die Fliege nicht durch einfache Umwandlung der Made entsteht, sondern wenigstens mit ihrem Vorderkörper sich als ein selbständiges Erzeugniß, als ein im wahren Sinne des Wortes dem Larvenorganismus einverleibtes Geschöpf sich darstellt.

Dies neue und eigenartige Verhältniß zwischen Larve und Imago tritt denn auch schon bei der ersten Anlage des letzteren zu Tage.

Während die Raupe beim Verlassen des Eies in keiner Hinsicht etwas Anderes ist, als eben eine einfache, eine unverfälschte Larve, und das Neue, was nach und nach zum Vorschein kommt und sie zum Schmetterlinge macht, in letzter Linie stets nur eine Veränderung, eine Umarbeitung des Alten bedeutet, ist die Fliegenmade schon von vorneherein ein gemischter Organismus, eine Art Doppel- oder Zwitterwesen, kurzum eine Larve, die sozusagen mit den Keimen eines Imago schwanger geht.

Hinsichtlich des näheren Verhaltens dieser Binnenknospen wolle man nun zunächst die Fig. 196* zu Rathe ziehen.

Digitized by Google

Da dieſelben wie bekannt ausſchließlich nur zur Bildung des imaginalen Vorderleibes, d. i. der Bruſt und des Kopfes dienen, ſo hat man ſie an der Larve auch im entſprechenden Abſchnitt zu ſuchen, und zwar im Umkreis des Central-

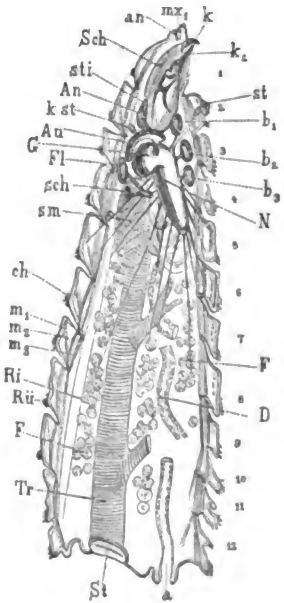


Fig. 196*.

nervenkörpers zwiſchen dem 2. und 4. Leibesſegment. Im Ganzen ſind deren nicht weniger als ſieben Paare, nämlich ein Paar für den Kopf (Cephaloblaſten) und je zwei Paare, nämlich ein oberes und ein unteres, für die künftigen drei Bruſtringe (Thoracoblaſten). Nach den weſentlichſten Bei-

Digitized by Google

organen oder Anhängen können wir erstere auch als Augen- (Au), letztere als Bein- (b_1—b_3) und Flügelkeime bezeichnen. Außer den eigentlichen „Flügel"keimen (Fl) am Mittelrücken hat man aber noch solche für die Puppenstigmen am Vorderrücken (kst) und für die Schwinger am Hinterrücken (sch) zu unterscheiden. Merkwürdig ist hinsichtlich der Lage, daß, wie Figura lehrt, die Cephaloblasten (Au) nicht vor, sondern zwischen den Thoracoblasten sich befinden, der Imaginalkopf also seiner Anlage nach in der Brust eingeschachtelt ist.

Im Weiteren handelt es sich nun zunächst um folgende zwei Cardinalfragen: 1) woher d. i. von welchem der drei Hauptzelllager oder Keimblätter des Embryo stammen diese Keime und 2) welche Zelllagen oder Gewebsschichten des Imago gehen hinwiederum aus ihnen hervor?

Um zuerst die letztere Frage zu berühren, so behauptet Weismann, daß aus den Keimen ausschließlich nur die Weichhaut oder Epidermis des Imago, also jene Zelllage entsteht, die sonst aus dem Außenblatt des Embryo oder aus dem Ektoderm hervorgeht, wogegen in neuester Zeit Ganin die mit manchen Beobachtungen Weismann's kaum zu vereinbarende Ansicht vertritt, daß die Musciden-Neoblasten außerdem auch mesodermatische Bildungen erzeugten. Populär ausgedrückt läßt ersterer aus diesen Keimen nur die Schale, die leere Form des Vorderleibes, letzterer zugleich das zugehörige Binnengewebe oder die Ausfüllung entstehen.

Was dann die andere Frage d. i. die nach dem Ursprung unserer Keime anlangt, so müßten dieselben unter der Voraussetzung, daß die gleichartigen Gewebslagen der vollendeten Thiere stets auch aus gleichartigen oder homogenetischen Zellgruppen des Embryo hervorgingen, nach der Weismann'schen Auffassung ausschließlich

Digitized by Google

dem Ektoderm, nach der Ganin'schen dagegen theils dem Ektoderm, theils dem Mesoderm entstammen.

Wozu aber, wird man einwerfen, braucht man die Abkunft dieser Keime zu erschließen, sie wird doch wohl schon direkt beobachtet und über allen Zweifel sicher gestellt sein. Indessen wird sich gleich zeigen, daß dies nur theilweise der Fall ist.

Nach Weismann bilden sich die Neoblasten stets im Zusammenhang entweder mit einem Nerv oder aber mit einer Trachea, und nehme man gleich zur Erläuterung der letztern Verbindung die Fig. 197 E zur Hand. Man sieht da einen verzweigten Tracheenstamm, innen mit der Chitin-, außen mit der Zellhaut (z). An einer Stelle bemerkt man dann eine größere birnförmige Anschwellung, die aus zahlreichen Bläschen oder Zellen besteht. Das ist nun eben ein solcher Imaginalkeim und zwar der für die obere Mittelbrust (oB_2). Nun scheint nichts naheliegender als die Annahme, daß die Zellen dieser Wucherung dem Epithel des Luftrohres entstammen, und daß man es somit, da letzteres durch Einsenkung der Haut entsteht, mit einer wahren Ektodermbildung zu thun habe. Man darf aber nicht vergessen, daß manche Tracheen von einer dem Mittelblatt entstammenden Bindegewebshülle umkleidet sind, die betreffende Zellwucherung somit ebensogut dem erstern (ektodermatischen) als dem letztern (mesodermatischen) Gewebe oder möglicherweise beiden zugleich angehören kann.

Noch unsicherer ist der Ursprung jener Keime, die sich an Nerven entwickeln. Fig. 197 A zeigt uns das isolirte Centralmark, dessen zweiter (2) und dritter (3) Nerv ganglienartige Anschwellungen tragen. Dies sind nun wieder solche Imaginalkeime und zwar die der untern Vorder- (uB_1) und der untern Mittelbrust (uB_2). Nach Weismann sollten

Digitized by Google

nun dieſe Keime ausſchließlich nur aus der Nervenſcheide, alſo aus einem Gewebe entſtehen, das, wie wir im frühern

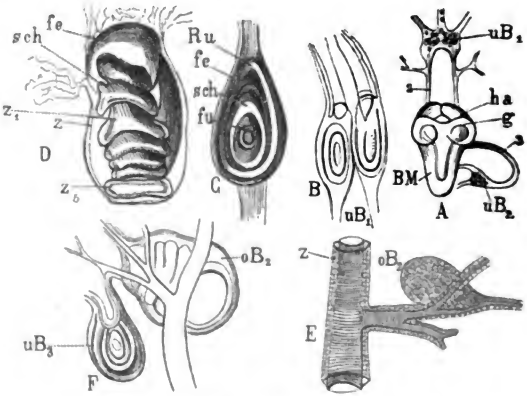


Fig. 197.

Zur Entwicklung der inneren „Imaginalſcheiben" der Schmeißfliege (Musca vomitoria), nach Weismann.

A Gehirn (G) mit Bauchmark (BM) einer 0,7 cm langen Larve.
ha „Hirnanhang" oder Kopfſcheibe, 2 zweites Nervenpaar des Bauchmarkes, daran uB1 Anlage der untern Vorderbruſt (Prothoracalſcheibe), 3 drittes Nervenpaar, daran uB2 Anlage der untern Mittelbruſt (Meſothoracalſcheibe).

B Dieſelben Vorderbruſtſcheiben einer 1,5 cm langen Made weiter entwickelt.

C Untere Mittelbruſtſcheibe einer friſch verpuppten Larve.
Ru Rumpfſtück, fe Femur-, sch Schienbein-, fu Fußfalte.

D Mittelbein mehr entwickelt.
z die die Beinanlage umgebende Hüllmembran (vom 2. Puppentag), z1—z5 Fußglieder.

E Anlage der obern Mittelbruſt (Flügelſcheibe) (oB2) an einem Tracheenzweig.
z die Zellage (Tracheenepithel) von einer eben aus dem Ei gekrochenen Larve.

F Obere Mittel- (oB2) und untere Hinterbruſtſcheibe (uB3) an einem Tracheenſtamm von einer ausgewachſenen Larve.

Kapitel gehört, bei Corethra ganz und gar nicht zur Bildung der Haut, ſondern lediglich zur Erzeugung der Muskeln und überhaupt der (meſodermatiſchen) Binnenſubſtanzen dient.

Digitized by Google

Aber empfehlen wir lieber die Klärung dieser Verhältnisse einer neuen streng methodischen Untersuchung und betrachten wir nun in Kürze die weitere Entwicklung und Formung der Imaginal„scheiben".

Wenn diese gleich Beeren an ihren Zweigen hängenden Knospen eine gewisse Größe erreicht haben, so entsteht in ihnen zunächst eine mit der Umgebung d. i. mit dem Innenraum der Larve communicirende Höhlung. Der solide Keim verwandelt sich mit andern Worten in einen Hohlkörper, dessen Wand ursprünglich (Fig. 198) aus einer einzigen Lage hoher Zellen (z) besteht.

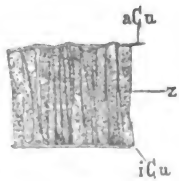


Fig. 198.
Stück eines Querschnittes der Flügelscheibe einer Muscidenlarve.
z Cylinderepithel, aCu äußere Cuticula.
(Original.)

Aus diesem Verhalten, sowie aus dem Umstande, daß diese epithelartige Zelllage alsbald eine ziemlich dicke Chitinhülle absondert, kann man schon schließen, daß man es mit Gebilden zu thun hat, aus welchen sich später das Integument oder die Haut der Fliege zusammensetzt.

Aeußerst lehrreich für dieses schon ans Ende der Larvenperiode fallende Stadium ist unser mehr besprochener Querschnitt in Fig. 199. Rings um das vom Speiserohr (sp) durchbohrte Gehirn (oG) sieht man zunächst die Augenkeime (Au). Dann an den Seiten, neben den Tracheen (Tr), die Beinscheiben (B), und zwar die links als scheinbar soliden knospenartig an der Trachea hängenden Körper, während die rechte, mitten durchschnitten, im Innern ein auch von Ganin erwähntes halbmondförmiges Lumen zeigt. Oben, bei Fl, hat man endlich die flachen gleichfalls hohlen Rückenscheiben, aus denen später die Flügel hervorsprossen. Der Schnitt zeigt zugleich, daß

Digitized by Google

diese im Innern der Larve zerstreuten Keime mit der Haut derselben in gar keiner direkten Verbindung stehen.

Was nun die eigentliche Gestaltung oder Modellirung dieser Keime betrifft, so wollen wir uns vorläufig nur auf die Beinanlagen beschränken. Die Sache beruht auf einfacher Flächenvergrößerung und Flächenfaltung, also auf einem

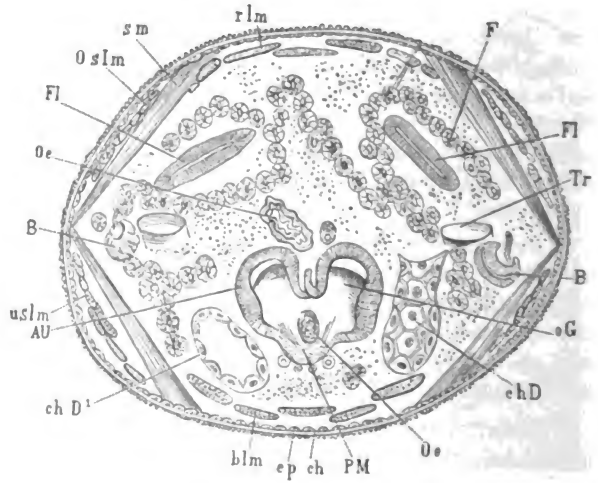


Fig. 199.

Princip, das bei allen solchen Bildungsvorgängen die Hauptrolle spielt.

Am Zwillingskeim in Fig. 199* B bemerken wir auf jeder Scheibe einige concentrische Linien, die Andeutungen der ersten Flächenbiegungen. In C, einem spätern Stadium, bildet dann die Außenseite des Keimes schon ein ganzes System von Ring-

Digitized by Google

falten, die, durch entſprechende Furchen von einander getrennt, am Querſchnitt das Bild einer Wellenlinie geben. Dies iſt nun gleichſam das Rumpfſtück ſammt dem gegliederten Beinanhang in der Horizontalprojektion. Der Saum der Scheibe entſpricht nämlich der Bruſtwandung, während die innern Zonen folgeweiſe die Glieder des Fußes d. i. des Femur (Fe), der Schiene (Sch) und des Tarſus (Fu) darſtellen und der centrale Kern des Ganzen die Spitze des

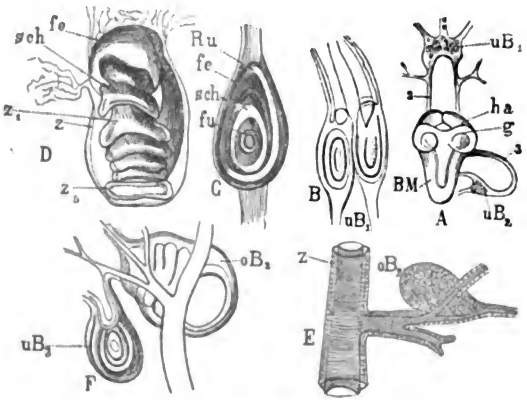


Fig. 199*.

letztern bezeichnet. Denkt ſich der Leſer nun ſtatt dieſer gefalteten Platte eine elaſtiſche Uhrfeder, deren innere Windung er in die Höhe zieht, ſo hat er auch eine ungefähre Vorſtellung davon, wie allmälig aus der flachen Scheibe der in D abgezeichnete Anhang herauswächſt.

Dies ſind indeß Vorgänge, welche ſchon in die nächſte Periode fallen.

Digitized by Google

b) Zerstörung des Larvenkörpers, Aufbau und Vollendung des Imago in der Puppe.

Wenn die Larven der metabolischen Insekten als solche ihre Lebensaufgabe vollendet haben, d. h. wenn sie aufhören zu fressen und neues Bildungsmaterial aufzuspeichern, so legen sie auch in der Regel alsbald ihre Larventracht ab und zeigen sich in einer dem reifen Insekt ähnlichen Gestalt, d. i. als Puppe, welcher letzteren zur völligen Imaginalisirung hauptsächlich nur noch die entsprechende Umänderung der innern Einrichtung nöthig ist.

Ganz anders ist es bei den Muscidenmaden. Hier wird der Uebergang vom freien oder aktiven Leben in den durch die beginnende innere Umwandlung herbeigeführten Zustand der Unthätigkeit nicht durch einen Haut- oder Gestaltwechsel bezeichnet; im Gegentheil schließt sich die alte Larvenhülle noch enger um den Weichkörper zusammen, ja sie wird unter gleichzeitiger Verdickung und unter Einstülpung des ersten die nunmehr überflüssig gewordenen Mundanhänge tragenden Ringes, zu einer förmlichen Schale oder Kapsel, in der nun die „Tonnenpuppe" ihrem weiteren Schicksal entgegengeht.

Der Grund dieser Eigenthümlichkeit ist sehr naheliegend; sie beruht nämlich darauf, daß zur angegebenen Zeit das, was an die Stelle der Larve treten soll, nämlich der präimaginale Körper oder die Puppe, äußerlich noch nicht ganz fertig ist, indem sie noch keine eigene zusammenhängende Leibesdecke besitzt, sondern aus den unverbundenen Stücken der Imaginalkeime besteht. Würde nun trotzdem die Larvenhaut entfernt, so würde der seines äußeren Gefäßes beraubte Puppenleib einfach auseinander fallen.

Ja, weshalb aber wird der Larvenbalg nicht wenigstens dann gesprengt, wenn, was in wenigen Tagen

Digitized by Google

geschehen, die Puppe bereits ihre eigene zusammenhängende Haut hat? Die Antwort darauf ist einfach die, daß, abgesehen vom defensiven Charakter einer solchen accessorischen Bedeckung, bei der sofort eintretenden Zerstörung des innern Larvenleibes die Organe, wir meinen die Muskeln fehlen, um diese Arbeit auszuführen.

Aber betrachten wir nunmehr die weiteren Vorgänge in diesem seltsamen Doppelkörper.

Einen schönen Ueberblick über den ersten Zustand der Larven-Puppe gibt der Längsschnitt in Fig. 200. Da sehen wir äußerlich zunächst die Larvenhaut, und zwar 1) die dicke Chitinlage (cu), 2) die zellige Weichhaut (z) und 3) den Muskelschlauch (m). Das Innere zeigt zwei Abschnitte: einen vordern selbständigen Körpertheil, d. i. den Vorderleib des Imago, und dann einen hintern, der mit der Larve zusammenfällt.

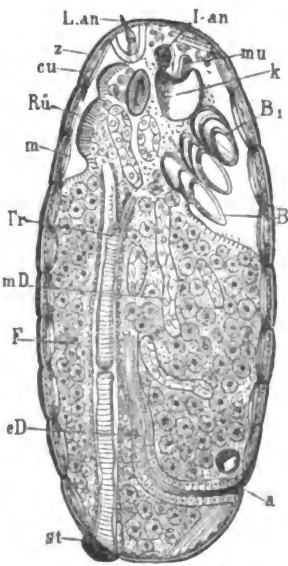


Fig. 200.
(Vgl. S. 475.)

Zwischen dem selbständigen Puppenvorderleib und der allgemeinen Hülle finden sich aber noch gewisse der Larve angehörige Weichgewebe: z. B. Blut, Fettzellen u. A. Ganz vorne bemerken wir ferner, daß die Weichschichten der Larvenhaut, d. i. Epidermis und Muskeln, in Zerfall

Digitized by Google

begriffen sind. Diese Zerstörung dehnt sich dann sehr rasch auf die ganze dem Puppenvorderleib entsprechende Zone aus.

Man beachte nun aber vor Allem, daß diese und die gesammten übrigen außerhalb des Puppenvorderleibes befindlichen Gewebstrümmer nach und nach in das Innere des letztern übergeführt werden, daß also auch bei dieser Umwandlungsart kein Plasma, kein Bildungsstoff verloren geht, sondern die Masse des Imago vollständig jener des ausgewachsenen Larvenleibes entspricht.

Sobald nun alle von der Zerstörung des alten Gebäudes herrührenden Materialien in den innern Neubau übertragen sind, ist auch der wichtige Zeitpunkt zur Verschmelzung der 12 Brustscheiben gekommen. Sie bilden nun ein Ganzes in Gestalt eines dreifachen Ringwulstes, der vorne offen und hinten auf noch nicht ganz erklärte Weise mit der Larvenhaut verbunden ist.

Der Kopf (K) aber befindet sich, was in derselben Figur nachzusehen, noch innerhalb dieses Brustgehäuses. Derselbe besteht anfangs (vgl. auch Fig. 196 oG) aus zwei tellerartigen das Gehirn seitlich bedeckenden anscheinend doppelblätterigen Scheiben, die allmälig zu einer faltigen Kapsel, der „Kopfblase", verwachsen, welche letztere aber vorne behufs Aufnahme gewisser Zerfallsprodukte noch lange Zeit offen bleiben soll.

Aus besondern Ablegern der Kopfscheiben (Fig. 196 An) bilden sich dann, aber viel später, der Vorderkopf, sowie die gewissen Anhänge, wie die Fühler (Fig. 200 Ian) und die Mundtheile (mu). Daraus ergibt sich auch, daß alle diese Theile, im scharfen Gegensatz zu andern Insekten, keinerlei direkten Bezug weder zu den gleichnamigen Larven- noch zu den Embryonalorganen besitzen, und daß sich also die Tonnenpuppe der Musciden auch in dieser Hinsicht als ein wahres Doppelwesen herausstellt.

Digitized by Google

Um gleich diesen Theil, wenigstens äußerlich, fertig zu machen, sei kurz bemerkt, daß die Kopfblase etwa gegen Ende der ersten Puppenwoche unter Zusammenziehung des Brustkastens aus dem Innern des letztern herausgepreßt und an ihre definitive Stelle befördert wird.

Es wurde schon oben betont, daß gleichzeitig mit der Entwicklung und Vereinigung der den äußern Rohbau des Puppenvorderleibes bildenden Stücke gewisse peripherische Larvengewebe in Verfall gerathen. Weit größere Dimensionen nimmt aber der Proceß der Auflösung im Innern an. Hier wird mit alleiniger Ausnahme des centralen Nervensystems Alles zerstört, Alles zertrümmert und sozusagen kein Stein auf dem andern gelassen, wobei indeß hervorzuheben, daß dieser Umsturz oder diese Desorganisation nicht alle Theile zugleich ergreift.

Die Zerstörung betrifft 1) die Hautmuskeln und die Hautnerven, 2) das gesammte System der Luftröhren, 3) gewisse Darmtheile und 4) endlich den Fettkörper.

Die bezeichneten Organe lösen sich zunächst in ihre Elementartheile auf, welche letztern dann später gleich den vorwiegend faserigen Geweben, den Muskeln und Nerven, einem vollständigen molekularen Zerfall unterliegen.

Wird nun das früher ganz klare Blut schon durch die Beimischung dieser Zerfallsprodukte in hohem Grade verunreinigt, so nimmt die Leibesflüssigkeit, sobald erst die Zellen des Fettkörpers ihren Inhalt entleeren, ganz und gar eine milchig-bräuige Beschaffenheit an und die Larvenpuppe kann nun faktisch einem mit Dotter erfüllten Ei verglichen werden.

Was nun die in diesem „Gewebebräu" vorkommenden und äußerst mannigfaltigen Elementargebilde betrifft, so fand Weismann darunter auch ganz eigenartige Bläschen, die er (Fig. 202 A) als „Körnerzellen" bezeichnet. Körnerzellen deshalb, weil sie die den Embryonalzellen vergleichbaren

Digitized by Google

Grundelemente oder Bausteine sein sollten, aus welchen die neuen Imaginalorgane gebildet würden.

Die große Frage ist nun aber die, ob auch diese Elementarbestandtheile der künftigen Neugebilde von Grund aus neu geschaffen werden, oder ob hiezu nur gewisse Ueberreste der früheren Gewebe zur Verwendung kommen.

Während u. A. Auerbach zur letztern Anschauung hinneigt, nimmt Weismann selbst eine rein endogene Neuerzeugung an, und zwar glaubt er sich überzeugt zu haben, daß die betreffenden Zellen durch Aggregirung oder Ansammlung jener Plasmakörnchen entstehen, welche vom molekularen Zerfall der obgenannten Larventheile herrühren.

Bevor wir nun aber auf die Constituirung der bleibenden oder imaginalen Neubildungen eingehen, müssen wir den Leser noch auf eine merkwürdige provisorische Einrichtung aufmerksam machen.

Bekanntlich ist die Puppe kein selbständiges Lebewesen, sondern nur ein Uebergangszustand, und demgemäß besitzt sie auch im Allgemeinen keine eigene Einrichtung oder Organisation, und die verschiedenen Theile, welche man in ihr findet, sind lediglich entweder Ueberbleibsel der Larve oder solche Neugebilde, welche für das Imago vorbereitet werden.

Um so auffallender ist es nun, daß speciell die Musciden-Puppe mit einem innern Apparate ausgerüstet ist, welcher weder bei der Larve, noch bei der Fliege vorkommt, der somit ausschließlich ihr allein angehört.

Es ist dies ein ganz eigenartiges Tracheensystem, also eine Ventilationsvorrichtung, durch welche, auch während dieser destruktiven Periode, die erforderliche Oxydirung oder Durchsäuerung der in beständiger Umsetzung befindlichen Gewebe bewerkstelligt wird.

Der Apparat selbst besteht im Wesentlichen aus einem Paar Hautspalten oder Stigmen am 2. Leibesring (Fig. 195 st S. 537),

Digitized by Google

die schon an der Larve und zwar nach der ersten Häutung sichtbar sind, und dann aus zwei „pferdeschwanzartigen" Büscheln feiner Röhren, welche ganz frei in der Leibesflüssigkeit fluctuiren und die aus den umgeänderten d. i. durch den Wegfall der Hinterenden verkürzten Längsstämmen (Fig. 195 Tr) entspringen.

Vor den Beginn der eigentlichen Neubildungen fällt noch ein anderer wichtiger Vorgang, nämlich die Umwandlung des Darmkanales. — Eingeleitet wird dieselbe durch die gänzliche Zerstörung des Schlunddarmes, dessen excrementartige Zerfalls-

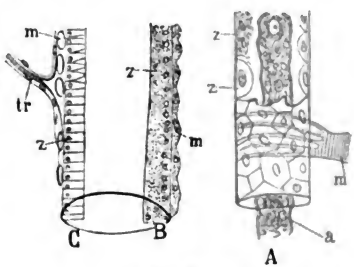


Fig. 201.

Zur „Histolyse" des Mitteldarmes der Schmeißfliege (nach Weismann).

A Stück des Larven- resp. Puppendarmes. z Epithel, m dasselbe überspinnende Visceralmuskeln, a wurstartige Inhaltsmasse, aus der Zerstörung des Vorderdarmes, z Epithelzellen in der Verfettung und Auflösung begriffen.

B, C Darm in der Neubildung. Rechts z Epithel-, m Muskelblastem; links beide Gewebsschichten schon ausgebildet, tr den Darm umspinnende Tracheen.

produkte (Fig. 201 A a) in den Mitteltrakt gelangen, um dann schließlich von der Fliege aus dem After ausgeworfen zu werden.

Die Umbildung des letztern, d. i. des Mitteldarmes, bezieht sich nun keineswegs bloß auf die äußere Form, sondern es handelt sich dabei zugleich um äußerst merkwürdige durch die Figuren 201 A, B und C kurz zu erläuternde Strukturveränderungen.

Digitized by Google

A zeigt zunächst ein Stück Larvendarm mit dem charakteristischen großzelligen Pflasterepithel, das hier von einem in viele Aeste aufgelösten Eingeweidemuskel (m) umspannt wird. Bei z an derselben Figur bemerken wir ferner, wie einzelne dieser Darmzellen unter fettiger Entartung und Platzen der Zellhaut ihren Inhalt entleeren und zerfallen. Auf diese Art verwandle sich schließlich die gesammte zellige Darmwand in eine dem „Blastem" des Embryo ähnliche homogene Substanzlage.

Letztere sieht man in B und bemerkt darin eine Reihe von Kernen, von denen es Weismann ungewiß sein läßt, ob sie ganz neu entstanden oder als Abkömmlinge der Larvenzellkerne zu betrachten sind. Indem sich nun später das Plasma dieses Bildungslagers um die erwähnten Kerne in kugelförmige Ballen sondert, entsteht eine neue Zellschichte, wie sie bei C skizzirt ist.

Dies ist in Kürze der Proceß, den man als „Hystolyse" d. i. als Gewebsauflösung bezeichnet. Nach Ganin würde dagegen die Umwandlung des Darmepithels weder hier noch bei andern metabolischen Insekten auf einem gänzlichen molekularen Zerfall der alten Darmzellen, sondern lediglich auf einer Theilung einzelner Larvenzellen beruhen, während nur der Rest gänzlich zu Grunde gehen sollte.

Nun kämen wir endlich zu den eigentlichen Neubildungen, müssen aber auch gleich erklären, daß wir uns hier bei der ganz außerordentlichen Mannigfaltigkeit und Complicirtheit der einschlägigen Vorgänge nur auf einige Andeutungen beschränken.

Daß die Anlage und die Vollendung der innern Einrichtung der Fliege ein äußerst langwieriger Proceß ist, geht schon daraus hervor, daß dieselbe, während der äußere Rohbau in circa 8 Tagen fertig ist, von da ab noch wenigstens 12 Tage in Anspruch nimmt, sowie denn überhaupt,

Digitized by Google

was bei einer so allgemeinen und intensiven Umwälzung auch leicht begreiflich, die Periode der Puppe mehr als doppelt so lange wie jene der Larve dauert.

Am eingehendsten ist von Weismann die Neubildung der Muskeln studirt.

Gegenüber der schon oben berücksichtigten Ganin'schen Auffassung, nach welcher die Hautmuskeln aus den Imaginal-

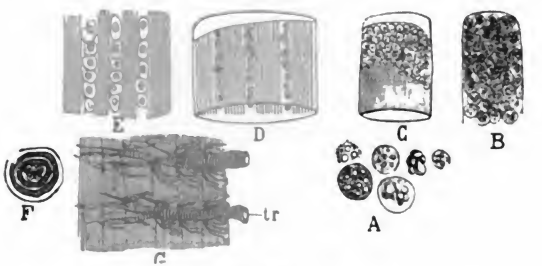


Fig. 202.

Zur Entwicklung der Brustmuskeln der Schmeißfliege (in der Puppe). Nach Weismann.

A „Körnchenkugeln" und Zellen des in der Umbildung begriffenen Puppenleibes.
B Strang von Körnchenkugeln als erste Anlage eines Muskels.
C Strang von Kernen, in contraktiler (Fleisch)substanz.
D Weiteres Stadium, wo die Kerne in Gestalt von Säulen zwischen der schon fibrillär gewordenen Fleischsubstanz liegen.
F Querschnitt eines in der Entwicklung begriffenen Muskelprimitivbündels. Zu äußerst die Muskelscheide, dann zwei Mäntel von Muskelsubstanz, in der Mitte die Kernsäule.
E Muskelbündel, dazwischen Zellsäulen, aus denen die feinen Muskeltracheen entstehen.
G Muskelbündel mit ausgebildeten Tracheen (tr).

scheiben entstünden, ist zu betonen, daß nach Weismann die diversen Vorderleibsanhänge, wie z. B. die Beine, anfangs ganz hohl d. i. nur mit einer „klaren" Flüssigkeit erfüllt sind, und daß ferner ihr späteres Binnengewebe von eingewanderten Körnerzellen herrührt.

Digitized by Google

Besonders interessant ist die Bildung der Brust- resp. der Flügelmuskeln, worüber Fig. 202 sammt Erklärung einigen Aufschluß gibt.

Man beachte dabei, daß zwischen den einzelnen Faserbündeln (D, E) säulenartige Reihen von Körnerzellen sich erhalten, welche den überaus zierlichen die Muskeln umstrickenden Tracheen (G) den Ursprung geben. Sonst entstehen die letztern in aus Zellen zusammengesetzten Hohlröhren, sowie die feinsten Endzweige, nach Weismann wenigstens, im Innern einzelner sternartig verzweigter Zellgebilde.

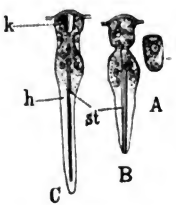


Fig. 203.
Zur Entwicklung der Augentheile, nach Weismann.
A Zelle der Augenscheibe.
B Dieselbe in die Länge gewachsen und in zwei Abschnitte, den dioptrischen und perceptiven, getheilt.
C Dieselbe, noch mehr differencirt. Im vordern Abschnitt außen die Cornea, innen der Krystallkegel (k); im hintern der Nervenstab (st), in der Hülle (h) steckend.

Um gleich auch die gesammte Tracheen-Angelegenheit abzuthun, so sind da vor Allem neue Zuleitungsröhren an der Mittel- und Hinterbrust sowie am Abdomen zu schaffen, was nach Ganin, entgegen der Palmen'schen Ansicht, durch Einstülpung von der Haut her geschehen soll. — Die am Centralnervensystem vorkommenden, hauptsächlich auf Zertheilung oder Decentralisation beruhenden Aenderungen wurden schon eingangs angedeutet. Besonderes Gewicht legt Weismann auf den Umstand, daß das peripherische Nervensystem vollkommen neu angelegt wird und daß somit die Bildungsvorgänge z. Th. ganz unabhängig vom Centralorgan erfolgen dürften.

Indem wir die äußerst complicirte Entwicklung der neuen Sinnesorgane (man sehe allenfalls Fig. 203 nach) auch hier wieder ganz unberücksichtigt lassen, wenden wir uns zum Schlusse noch einmal dem Aeußern d. i. der Körperform zu.

Digitized by Google

Und da hat denn der Leser, unter nochmaliger Einprägung der Fig. 200 vor Allem auf dies zu achten. Der Leib der Puppe und überhaupt der Imaginalkörper der Musciden setzt sich aus zwei dem Ursprung nach völlig ungleichen Theilen zusammen: aus dem Vorderleibe, der als endogene Neubildung im Innern des Larvenkörpers entsteht, und aus dem Hinterleibe, den die Fliege mit der Larve gemeinsam hat.

Hinsichtlich des letzteren ist noch nachzutragen, daß sich gegen Ende der Puppenperiode die Weichhaut des Larven-Abdomens von der tonnenförmigen Chitinhaut loslöst und unter gewissen, noch genauer zu studirenden Modificationen allmälig die definitive Gestaltung annimmt.

Schließlich bleibt noch Eins zu bemerken, daß nämlich die Weichhaut des Puppenkörpers eine zarte Chitinhaut ausschwitzt, die sich als eine wahre Puppenscheide herausstellt.

Auf diese Art wäre also die Fliege im Innern der Tonnenpuppe von nicht weniger als von drei Chitinhüllen umgeben, nämlich erstens von der eigenen, zweitens von der der Puppe und endlich zu äußerst von jener des Larvenkörpers.

Kurze Uebersicht der verschiedenen Veränderungsarten und Uebergänge.

Trotz unserer mehrfach ausgesprochenen Antipathie gegen alle künstliche Klassificirung erleichtern doch gewisse Unterscheidungen die Uebersicht über die Mannigfaltigkeit der Erscheinungen, und in diesem Sinne wollen wir uns noch einmal und zwar an drei Typen, der Küchenschabe, dem Schmetterling und der Fliege, die wichtigsten Hauptformen der Entwicklung ins Gedächtniß zurückrufen.

Beim ersten Typus (Küchenschabe) ist die äußere Entwicklung nichts Anderes als eine vollkommenere Entfaltung gewisser Weichhautstrecken und kann das Imago selbst einfach

Digitized by Google

als eine auf eine höhere Stufe der Ausbildung gelangte Larve definirt werden.

In gewissem Sinne gilt dies auch vom zweiten Typus (Schmetterling), nur daß hier zu den Erscheinungen der einfachen und allmäligen Fortentwicklung noch die einer hochgradigen und plötzlichen Umformung hinzutreten, die, im Verein mit correspondirenden Umwandlungen der innern Einrichtung, ein besonderes lebensunfähiges Mittelstadium, nämlich die Puppe bedingen.

In beiden Fällen ist aber das Imago — hinsichtlich des äußeren Bestandes — ganz identisch mit der Larve, nur daß die beiden Zuständen gemeinsame Weichhaut beim Imago theils entwickeltere und neue, theils mehr weniger veränderte Formen hat.

Beim dritten Typus (Musca) hingegen scheint wenigstens der Vorderleib des Imago nicht mehr identisch mit der Larve, sondern er ist etwas ganz Neues, etwas aus dem Innern der Larve Herausentwickeltes kurzum eine endogene Bildung. Wegen dieser Entwicklungsweise und wegen der totalen Umwälzung des Innern dauert hier auch die Präimaginalperiode am längsten und ist die betreffende „Larven-Puppe" absolut lebensunfähig.

Das Wichtigste und Interessanteste bei der ganzen Angelegenheit ist aber offenbar nicht die Thatsache, daß es wirklich mehrere und z. Th. wie es scheint grundverschiedene Arten von Entwicklung und Metamorphose gibt, sondern vielmehr die Frage, ob diese besonderen Veränderungskategorieen durch Mittel- oder Zwischenformen in einander gehen und inwieweit sie sich überhaupt als verschiedene Modificationen einer und derselben Veränderungsweise darstellen lassen.

Was nun in dieser Hinsicht zunächst die verlangten Uebergänge zwischen den ersten zwei Entwicklungstypen (Küchenschabe

Digitized by Google

und Schmetterling) betrifft, so brauchen wir nur einerseits an die stark veränderlichen „Ametabolen“ (Cicaden, Eintagsfliegen) und anderseits an die wenig veränderlichen „Metabolen“ (gewisse Käfer, Netzflügler) zu erinnern, um den anscheinend so großen Abstand auf das vollständigste auszufüllen. Ueberaus lehrreich ist speciell Corethra, wo die innerlichen Veränderungen, zum Unterschied von den Raupen, ganz allmälig und ohne wesentliche Störung der äußeren Lebensthätigkeit von Statten gehen.

Wo sind aber die Uebergänge zwischen der Falter- und der Fliegen-Entwicklung, d. h. also zwischen der bloßen Umformung und der völligen Neuerzeugung (Neogenese)?

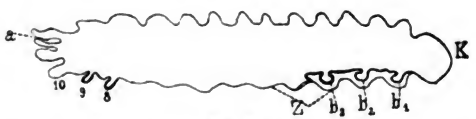


Fig. 204.
Längsschnittcontur (nicht schematisch) einer Hymenopteren(?)-Larve.
Die dünne Contur ist die Weichhaut (Epidermis) der Larve, die dicke bedeutet die innern imaginalen Neubildungen (mit Ausnahme von 8 und 9).
k Kopf, b_1—b_3 imaginale Beinzapfen, 8, 9, 10 Hinterleibsringe.
(Original.)

In dieser Hinsicht dürfte zunächst eine eigene Beobachtung willkommen sein. Sie betrifft eine mit einem langgegliederten Bauchmark versehene (Hymenopteren-?) Larve, bei welcher nicht, wie bei den Fliegen, der gesammte Vorderleib, sondern nur die Brust sich neu zu bilden scheint. — In der naturgetreuen Conturzeichnung (Fig. 204) des einschlägigen Schnittpräparates (v. J. 1875) bedeutet die dünn ausgezogene Linie den Umriß der Larve und speciell k den deutlich abgeschnürten Kopf derselben, während die verdickten Stellen die imaginalen Neubildungen bezeichnen. Von letztern gehören die Zapfen 8 und 9,

Digitized by Google

d. h. die mehrbesprochenen Anlagen der Legeröhre, der Larvenweichhaut an, während die Brusttheile (b_1, b_2, b_3), unabhängig von letzterer, aus innern Keimen hervorzuknospen scheinen. Ausführlicher zeigt Letzteres die Schnittfigur 205. Lch ist die schuppige Larvenchitinhaut (der Brustregion), lz die zugehörige aber streckenweise schon zerfallene Weichhaut. Darunter sieht man dann die mit „Körnerzellen" (kö) erfüllte Leibeshöhle und darin, hinten mit der Larven-

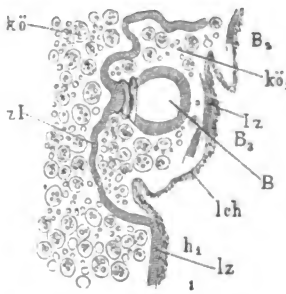


Fig. 205.
Stück Längsschnitt durch die Brust derselben Larve.
B_2 Mittel-, B_3 Hinterbrust, h_1 1. Hinterleibsring, lch Chitinhaut, lz und lz' Zellhaut (Epithel) der Larve, zI Zellhaut des Imago mit der knospenartigen Beinanlage B, kö Körnerzellen innerhalb der Imagohaut, $kö_1$ desgleichen außerhalb derselben, im Raum zwischen ihr und der Larvenhaut.
(Original.)

haut des Hinterleibes verschmelzend, eine zweite Lage von Epithelzellen (zI), d. i. die künftige Weichhaut des Imago. Der knospenartige Vorsprung (B) an letzterer ist nichts Anderes als die ausschließlich mit klarer Flüssigkeit erfüllte Beinanlage.

Der Leser sieht aber wohl selbst ein, daß auch mit dieser Beobachtung die große Kluft zwischen der einfachen Metamorphose und der endogenen Entwicklung noch lange nicht ausgefüllt ist.

Digitized by Google

Man könnte ſich nun allerdings mit der Annahme behelfen, daß die innern Keime des Fliegen-Imagos vielleicht doch von tiefgehenden Einſenkungen der Larvenhaut (Fig. 206 E) abzuleiten ſind. Eine ſolche Annahme entbehrt aber vorläufig jeglicher Begründung, und ſo dürfte es doch beſſer ſein, das Vorkommen einer endogenen Inſekten-Metamorphoſe einfach anzuerkennen, als ſie mit Gewalt zu einem Vorgang umzu-

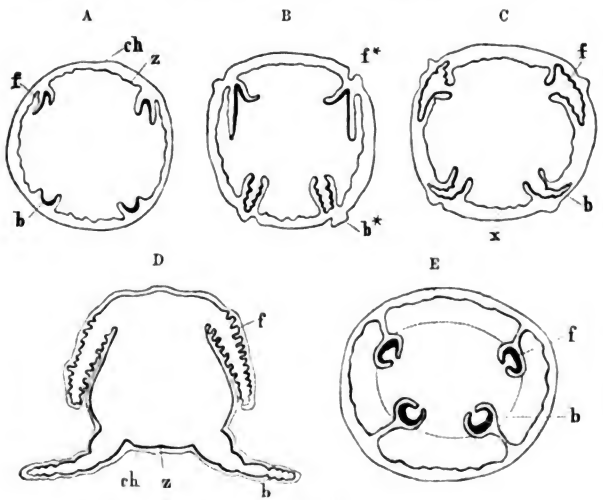


Fig. 206.
(Vgl. S. 496.)

deuteln, der mit den bisherigen Beobachtungen nicht übereinſtimmt.

Den in der Zoologie weniger bewanderten Leſer müſſen wir aber zum Schluſſe noch eigens darauf aufmerkſam machen, daß es ſich bei der allerdings ſehr eigenthümlichen

Digitized by Google

Entwicklungsweise der Fliegen keineswegs etwa um eine ganz isolirt dastehende Erscheinung oder Kuriosität handelt, sondern daß bei gewissen anderen Thieren, z. B. bei den Stachelhäutern (Fig. 207), derartige Vorgänge etwas sehr Gewöhnliches sind.

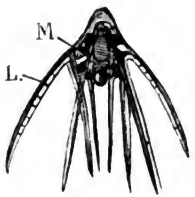


Fig. 207.
Sog. Pluteus-artige Larvenform eines Schlangensternes.
Im Umkreis des Magens der Larve die rosettenartig gruppirten Anlagen der Seesternarme (St). L Larvengestell.

Da hier aber einerseits das Geschlechtsthier nicht bloß zum Theile, sondern in seiner gesammten Ausdehnung als ein rein innerliches Erzeugniß erscheint und anderseits die dasselbe producirende Larve nach dessen Vollendung z. Th. noch eine gewisse Selbständigkeit bewahrt, sich also nicht vollkommen erschöpft, so wird der betreffende Vorgang von Manchen als wahrer Generationswechsel d. i. als eine solche Entwicklungs- resp. Fortpflanzungsweise angesehen, bei der die Larve die Rolle einer Amme spielt.

Ueberaus interessant wäre u. A. auch der Vergleich mit der Metamorphose gewisser Saugwürmer, z. B. des Monostomum mutabile, das als Embryo im wahren Sinne des Wortes ein Doppelwesen vorstellt, indem sich jene centralen Zellen, aus denen sonst gewisse Eingeweide gebildet werden, zu einem selbständigen mit Mund, Darm und anderem Zubehör ausgerüsteten Wurm zusammenfügen, während aus dem übrigen peripherischen Materiale wieder ein anderes Geschöpf oder, wie es v. Siebold nennt, der „lebendige Kerker" hervorgeht, in welchem der erstgenannte Wurm eingeschlossen ist.

Dieser anscheinend so wunderbare Fall dürfte auch deutlich genug beweisen, daß man die Entwicklung der niederen Thiere nicht mit dem von den höheren entnommenen Maßstabe messen darf und daß speciell die Vorgänge der Insekten-Metamorphose,

Digitized by Google

trotz ihrer Mannigfaltigkeit, doch nur ein Glied aus jener großen Kette von Umgestaltungen sind, denen die Thierwelt in ihrer Gesammtheit unterworfen ist.

Zur Erklärung der Metamorphose.

Warum nehmen wohl viele Insekten während ihres Lebens so verschiedene Gestalten und Wesenheiten an?

Die nächste Antwort darauf ist sehr einfach: weil es nämlich bei den Vorfahren derselben auch so war, und der Umstand, daß die gesammte Entwicklung bei den auf einander folgenden Generationen faktisch in sehr übereinstimmender Weise vor sich geht, zeigt uns, daß auch diese Vorgänge unter das Gesetz der Vererbung fallen.

Der Leser merkt aber wohl, daß diese Art von Erklärung nur eine Ausflucht ist und unsere Frage soll eigentlich lauten: Wie sind die Insekten und wie ist deren gegenwärtige Entwicklung ursprünglich oder phylogenetisch entstanden? *)

Da jedoch, wie wohl kaum zu bemerken nöthig, bei diesem Proceß der Insektwerdung Niemand dabei gewesen, so wird selbstverständlich die nachträgliche Darstellung oder Erklärung dieser Begebenheit, welcher Art sie auch immer sein möge, gewisse nicht streng beweisbare Annahmen machen müssen und sonach auch einen rein hypothetischen Charakter haben.

Solcher Hypothesen zur Erklärung der Insekten- und überhaupt der Thierschöpfung gibt es aber vornehmlich zwei, wovon wir die eine kurz als willkürliche oder künstliche, die andere als natürliche Schöpfungshypothese bezeichnen.

---

*) Die gegenwärtige Entwicklung wird nach Häckel als Ontogenese, die historische als Phylogenese bezeichnet.

Digitized by Google

Kritik der willkürlichen Schöpfungshypothese.

So bezeichnen wir den leider nur allzu verbreiteten Glauben, daß alle Organismen, und also auch unsere kleinen Thierchen, ihr Dasein einer ganz besondern und specifischen Ursache oder Kraft verdanken, die man, anstatt sie wenigstens ganz unbestimmt und nebelhaft zu lassen, noch mit dem besondern Attribut ausstattet, daß alle von ihr erzeugten Bildungen in einem harmonischen, in einem streng planmäßigen oder künstlichen Zusammenhange mit einander stünden, und daß sie ferner in ihrer Art absolut gut und zweckmäßig seien.

In Folge dieser besonderen Bestimmung der „Bildungskraft" kümmern wir uns zunächst gar nicht mehr darum, ob und wie dieselbe die Entwicklung der Insekten zu erklären vermag, sondern fragen einfach, ob es denn bei dieser Gelegenheit wirklich so wunderbar planmäßig hergehe, wie man es uns glauben machen will.

Planmäßig nennen wir nach menschlichen Begriffen jene Entwicklung, bei der das zu Gestaltende, dem Bildwerk eines Künstlers ähnlich, mit jeder Veränderung, die es erfährt, vollkommener d. i. in seinen einzelnen Theilen bestimmter und deutlicher wird und auf diese Weise dem endlichen Ziele oder der Vollendung allmälig und stetig näher rückt.

Prüfen wir nun nach diesem Gesichtspunkte die Entwicklungsweise der Insekten, so macht es häufig in der That den Eindruck, als ob ihr ein streng berechneter Plan, eine wahrhaft künstlerische Idee zu Grunde läge.

Wir erinnern zunächst an die oben skizzirten Vorgänge der Embryonalbildung. Hier vollzieht sich, und zwar auch bei vielen Insekten, deren spätere Entwicklung sehr auffallende Unregelmäßigkeiten zeigt, die Anlage und der Aufbau des Thieres in anscheinend so methodischer und systematischer

Digitized by Google

Weiſe, daß man, um mit Huxley zu ſprechen, unwillkürlich nach der Hand des Meiſters ſucht, der dieſes Werk vollbringt.

Aber auch die weitere, die poſtembryonale Entwicklung iſt bei manchen Kerfen eine ſolche, daß ſie, wenigſtens in den allgemeinſten Zügen und bei einiger Nachſicht gegen kleinere Verſtöße, als Beleg für die künſtliche Schöpfung verwendet werden könnte. Denn verfolgt man z. B. die einzelnen Bildungsſtufen einer Küchenſchabe, einer Heuſchrecke und überhaupt der meiſten „Verwandlungsloſen“, ſo muß man geſtehen, daß dieſe Geſtaltenfolge nichts Anderes als eine Reihe oder ein Syſtem ſucceſſiver Entfaltungen, Differenzirungen und überhaupt Vervollkommnungen darſtellt.

Neben dieſer ſtrengen Conſequenz und Folgerichtigkeit, welche den Bildungsproceß vieler Inſekten zu beherrſchen ſcheint, finden ſich aber auch Erſcheinungen, die mit dem Principe der vorausbeſtimmten Harmonie und Vollkommenheit durchaus unvereinbar ſind und die daher, da die angenommene Syſtemmäßigkeit doch jedenfalls eine allgemeine und allumfaſſende und keine bloß auf gewiſſe Geſchöpfe und gewiſſe Zuſtände derſelben beſchränkte ſein müßte, auch über die früher bezeichneten Fälle von ſcheinbar wirklicher Planmäßigkeit ein neues Licht verbreiten.

Dieſe wenigſtens nach den herkömmlichen Begriffen ganz regel- und zweckwidrigen Erſcheinungen beziehen ſich nun theils auf einzelne Entwicklungsakte, theils ſprechen ſie ſich, und dies iſt von ausſchlaggebender Bedeutung, in der Geſammtheit inſektiſcher Bildungen d. i. im „Syſtem“ dieſer Thiere aus.

Disharmonieen der Einzelentwicklung.

Würde ein Bildhauer, in der Abſicht die Statue eines Mannes zu modelliren, zuerſt die eines Pferdes machen und daraus dann theils durch Ummodelung, theils durch

Digitized by Google

Wegnahme oder Hinzufügung gewiſſer Theile ſein definitives Werk herſtellen, ſo würde wohl Jeder dieſes Verfahren ein völlig unmethodiſches und zweckwidriges nennen.

Und doch ſchlägt die Natur, der die Teleologen die Rolle eines zielbewußten Künſtlers zuſchreiben, bei der Bildung aller metaboliſchen Inſekten im Weſentlichen denſelben, ja oft einen noch weit ſonderbareren Weg ein.

Nehmen wir z. B. die Geſtaltung des Schmetterlings, ſo wird man doch zugeben, daß der erſte Entwurf, d. i. die Raupe, vom definitiven Gebilde, dem Falter, noch weit mehr verſchieden iſt als der Organismus eines Pferdes von dem des Menſchen.

Aber, wird man ſofort einwerfen, die Raupe ſcheint doch die unbedingt nothwendige Vorbildungsſtufe oder Vorausſetzung für den Schmetterling zu ſein, da ſich der letztere ſtets nur aus dieſer Geſtalt und niemals aus einer andern, z. B. aus einer Made, aus einer Campodea-Form o. dgl. entwickelt.

Sollte denn aber, fragen wir, die Allgemeinheit in der Anwendung irgend eines Verfahrens ſchon deſſen Zweckmäßigkeit oder gar deſſen Nothwendigkeit beweiſen? Als ob es nicht auch im Bereiche der menſchlichen und wie wir uns ſchmeicheln durchaus vernünftigen d. i. zielbewußten Thätigkeit genug Methoden gäbe, die eine ſehr allgemeine Verbreitung haben (oder hatten) und welche trotz alledem von einſichtigeren Köpfen als unſyſtematiſch und unzweckmäßig verworfen werden.

Um den faktiſchen Nachweis von der beſonderen Zweckmäßigkeit der gegenwärtigen Falterbildung zu liefern, müßte einer die ſeltene Kunſt verſtehen, zu zeigen, inwiefern z. B. die Raupenmundtheile die zweckmäßigſte Vorbereitung für den Falterrüſſel, die kleinen Raupenaugen die beſten Vorläufer für die großen u. ſ. w. ſeien, und müßte insbeſondere noch

Digitized by Google

nachgewieſen werden, welcher Vortheil für die Modellirung des Falters ſpeciell aus jenen Raupenorganen, z. B. den Stummelfüßen, den Spinndrüſen u. ſ. w., die am Schmetterling gar nicht mehr vorkommen, erwächſt.

Was aber die behauptete Nothwendigkeit der gegenwärtigen Falterbildungsmethode betrifft, ſo iſt es nach den Vererbungsgeſetzen vollkommen begreiflich, daß ſich der Falter *heutzutage* aus einem Weſen entwickelt, das wenig oder gar nichts Falterartiges an ſich hat; es wäre aber die größte Verhöhnung aller geſunden Logik, wenn man annähme, daß ſich unſere Kerfe ſchon von allem Anfange nur aus Raupen und nicht aus andern, den Faltern ähnlicheren Weſen hätten entwickeln können. Oder, wenn nach dieſer Annahme die Bildung des Schmetterlings eine demſelben ganz unähnliche Vorbildungsſtufe vorausſetzt, warum geht dann z. B. die Küchenſchabe aus einer Küchenſchabe und nicht auch aus irgend einem andern ganz fremdartigen Geſchöpf hervor?

Man könnte nun allerdings, um die von uns angegriffene Ehre der „vernünftigen Bildungskraft“ zu retten, worauf mich mein werther Freund, der Philoſoph *Marty*, aufmerkſam machte, die auf völliger Weſensverwandlung beruhende Falterbildung mit gewiſſen *chemiſchen* Vorgängen analogiſiren, wo ja auch unter gewiſſen Bedingungen ein Körper in einen ganz anderen übergeht; es iſt aber zu erwägen, daß der Schmetterling ja nicht aus der Verbindung der Raupe mit einem andern Weſen entſteht, *wenn letztere auch*, wie ſpäter zu zeigen, *ſelbſt ein durch gewiſſe Agentien veränderter und in gewiſſem Sinne alſo auch ein zuſammengeſetzter oder gemiſchter Organismus iſt.*

Im Verlauf der Inſektenentwicklung ſtößt man aber nicht bloß auf eine Menge von Vorgängen, die, um gelinde zu ſprechen, kaum zur Erläuterung des Zweckmäßigkeitsbegriffes

Digitized by Google

dienen können; es gibt auch zahlreiche Einzelbildungen oder Organe, die man mit gutem Gewissen als vollständig zwecklos bezeichnen kann.

Was möchte der Leser wohl von einer Entwicklung halten, bei welcher der in der Eischale eingeschlossene Embryo mehr Gehwerkzeuge als das freibewegliche Thier hätte? Er würde dies ohne Zweifel höchst paradox und widersinnig finden. Und doch kommt dieser Fall bei den Insekten sehr häufig vor. Der Embryo des Schwimmkäfers und jener der Gottesanbeterin*) z. B. hat mehr Beine als die Larve und als

---

*) Wenn uns Brauer in einer von handgreiflichen Entstellungen und **Unwahrheiten** strotzenden Streitschrift verdächtigt, als hätten wir uns im I. Bd. S. 6 Kowalevsky's Entdeckung der überzähligen Embryonalbeine zueignen wollen (!), so ist an besagter Stelle deutlich zu lesen, daß sich unsere Entdeckung eben nur auf Mantis bezieht, deren Bauchfüße bisher wenigstens noch Niemand erwähnt hat. Eine „handgreifliche Unwahrheit" nennen wir aber die Behauptung Brauer's, daß wir Lubbock's Schrift über den Ursprung der Insekten nicht zu kennen scheinen, da wir doch derselben (I. Bd. S. 124) ausdrücklich gedenken!!! — — P. Mayer's einschlägige Arbeit aber erschien erst nach Uebergabe unseres Manuscriptes (1875). — Ganz unwahr ist ferner, daß wir (S. 66 u. 67) speciell der mit abdominalen Stummelbeinen versehenen Campodea und Japyx eine Springgabel (!!) zuschrieben (wir gebrauchten dieses Merkmal nur zur Charakteristik der Thysanura i. w. S., wie dies u. A. auch Claus thut, und nannten als dem Laien bekannteste Vertreter die [nur z. Th. springgabellosen!] Zuckergäste), während der Ausdruck: „Campodea ist .... eine Larve" offenbar nur figürlich, wie etwa: „Dieser Mann ist ein Kind", angewendet ist. — Wenn uns Brauer (S. 16 seiner Schrift) liebenswürdigerweise auch zumuthet, wir hätten wegen des Nichtcitirens (und Nicht-Kennens?) älterer Anschauungen „die Descendenz der Insekten ganz aus dem Spiele lassen sollen", so dürfte ihm unser nächstens erscheinendes Werk über Embryologie

Digitized by Google

das vollendete Thier, und noch eclatanter ist der Fall bei jenen Arbeiterameisen, die im ausgebildeten Zustand keine Spur von Flügeln zeigen, bei denen aber, nach den schönen Untersuchungen von Dewitz, die Puppen damit versehen sind.

Wir wären in der That neugierig zu hören, was wohl ein Teleologe zu solchen Ungereimtheiten sagen möchte.

Disharmonieen im Gesammtbestande oder „System" der Insekten.

Wenn zwischen den einzelnen Insektenformen ein solcher Zusammenhang bestünde, daß die nach den morphologischen Principien der Aehnlichkeit gebildeten Systeme der Larven und der Imagines einander genau parallel wären, so würden wir eine solche Ordnung, zumal angesichts der unabsehbaren Mannigfaltigkeit dieser Wesen, in der That als das Werk einer einheitlichen Idee, als den „Ausfluß eines höhern Gedankens" betrachten müssen, ja wir würden uns dann selbst aus den gewissen Widersprüchen bei der Einzelentwicklung weniger daraus machen.

Diese strenge Planmäßigkeit im Gesammtbestande der Insekten existirt aber leider nur im Kopf der Teleologen; die Wirklichkeit dagegen zeigt uns auch hier wieder eine Menge von Incongruenzen und Ungereimtheiten.

Betrachten wir beispielshalber das System der Hautflügler.

---

dieser Thiere doch das Unziemliche seiner Behauptung nahe legen, während wir anderseits nicht umhin können, zu bemerken, daß Brauer's eigene Ansichten, nach welchen z. B. bei den Metabolen allgemein „die vielen Stadien der mit Flügelscheiden versehenen Jugendzustände der Insekten in ein einziges zusammengezogen sind" und „daß von einem wiederholten Vorkommen und Wachsen der Flügel (speciell bei den Larven von Staphylinus) nicht die Rede sein kann", sehr „unheimlich berühren". (Zool. bot. Ges. Wien 1878, S. 164 Zeile 3 v. u.)

Digitized by Google

Was zunächst deren Imagines betrifft, so kann sich der Leser in jeder größern Sammlung leicht überzeugen, daß dieselben in jeder Hinsicht, namentlich aber in Bezug auf den Typus der Mundtheile, der Flügeladerung u. s. w. eine scharf umgrenzte, eine wahrhaft natürliche Gruppe bilden.

Da nun die Larven im Allgemeinen weniger differenzirte d. i. unterschiedliche Formen haben, so müßte man mit Recht erwarten, daß speciell die der Hautflügler einander ganz außerordentlich ähnlich sein müßten. Indeß findet man das gerade Gegentheil. Die Larven gewisser Hymenopteren, z. B. die der Bienen, zeigen den Madentypus, andere, wie die der Blattwespen, den ausgesprochensten Raupenhabitus.

Wenn man nun auch bezüglich der einschlägigen Darstellung Weismann's (Descendenzstudien II. Th.) darauf hinweisen muß, daß sich einerseits die „Afterraupen" der Hautflügler durch gewisse feinere Merkmale, z. B. in den Mundtheilen, ziemlich scharf von den echten Raupen der Schmetterlinge unterscheiden, während sie sich anderseits eben durch diese und wohl noch durch manche andere mehr versteckte Charaktere an die Madenlarven der Bienen u. s. f. anschließen, so gibt es doch auch ganz isolirt dastehende Formen, wir meinen nämlich

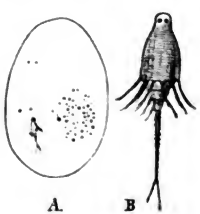


Fig. 208.
In Käfer(Rhynchites)eiern schmarotzende Hautflüglerlarve.

solche, die kein Systematiker überhaupt zu den Hymenopteren stellen würde, wenn er nicht zum Vorhinein wüßte, daß sie thatsächlich von solchen abstammen.

Oder wer, möchten wir fragen, wird es etwa der Larve in Fig. 208 oder den sonderbaren Entwicklungsformen der Pteromalinen (S. 487) ansehen, daß sie wirklich Hautflügler

Digitized by Google

sind, und welches sollen dann die Merkmale sein, an denen sie sich als solche erkennen oder „bestimmen" lassen? —

Aehnliche Incongruenzen wie bei den Hautflüglern findet man nun auch bei andern Gruppen, und speciell für die Schmetterlinge hat Weismann in der citirten Schrift den ausführlichsten und überzeugendsten Nachweis geliefert, daß der von der teleologischen Schöpfungshypothese geforderte „Parallelismus" zwischen den Larven und den Imagines weder im ganzen Systeme noch in den kleineren Abtheilungen zu Tage tritt.

Die wahren oder natürlichen Ursachen der Metamorphose.

Trotz der uns durch den knappen Raum aufgenöthigten Skizzenhaftigkeit unserer Darstellung hat sich der Leser doch wohl überzeugt, daß die Entwicklung der Insekten, vom Standpunkt der bloßen Gestaltbildung aus, sowohl im Einzelnen als in Bezug auf die Gesammtheit der Formenreihen in der That viele Disharmonieen und Ungereimtheiten zeigt, und daß es sonach der größte Widerspruch wäre, diese Regel- und Systemlosigkeit durch das Princip einer künstlichen Schöpfung erklären zu wollen.

Hier ist nun aber gleich von Seite der Teleologen folgender Einwurf zu gewärtigen. Der Schöpfer, werden sie sagen, hatte mit Bezug auf die Regelung der Insekten-Entwicklung ja nicht bloß darauf zu sehen, daß die einzelnen Bildungsstadien unter einander in Harmonie stehen, es kam ihm vor Allem darauf an, dieselben mit den jeweiligen Bedingungen des practischen Lebens in Uebereinstimmung zu bringen.

Nun, und da bekennen wir auch sofort mit Vergnügen, daß manche rein morphologische d. i. auf die bloße Gestaltbildung bezügliche Disharmonieen in der That

Digitized by Google

durch biologiſche Harmonieen ausgeglichen, gleichſam corrigirt werden. So iſt z. B. die Raupe, wie oben gezeigt, mit Rückſicht auf die Natur des Schmetterlings ein ganz ſinnloſes, unbegreifliches und paradoxes Geſchöpf; als ſelbſtändigem Lebeweſen aber, allenfalls noch mit dem ſchönen Beruf, das zur Bildung des Papilio nöthige Material zu ſammeln, werden wir ihr alle Anerkennung zu Theil werden laſſen.

Damit indeſſen haben die Teleologen noch lange nicht gewonnenes Spiel. Ganz abgeſehen nämlich davon, daß gewiſſe Vorkommniſſe der Inſektengeneſe, wie z. B. die Puppenflügel der flügelloſen Arbeiterameiſen, die überzähligen Beine der Embryonen u. ſ. w., gerade von dieſem Geſichtspunkt aus betrachtet, abſolut unverſtändlich bleiben, möchten wir uns auch die Frage erlauben, warum denn der Schöpfer, um die angebliche Harmonie ganz vollkommen zu machen, das morphologiſche Syſtem der Inſekten nicht mit dem biologiſchen zuſammenfallen ließ, d. h. warum er es nicht ſo einrichtete, daß z. B. die Larven der Zweiflügler alle paraſitiſch und madenartig, jene der Hautflügler alle pflanzenfreſſend und raupenartig ꝛc. wären.

Darauf gibt es aber nur Eine Antwort, nämlich die, daß eine ſolche Harmonie den übrigen Verhältniſſen der Natur widerſpricht.

Eine ſolche Ordnung der Dinge könnte nämlich einzig und allein nur unter der Vorausſetzung Beſtand haben, daß die Geſammtheit der Exiſtenzbedingungen ſtets dieſelbe bliebe. Nun ſehen wir aber tagtäglich mit eigenen Augen, daß letztere einem fortwährenden, wenn auch oft unmerklichen Wechſel unterliegen, während uns die Geſchichte der Erde geradezu lehrt, daß der Schauplatz der Lebewelt im Laufe der Zeit mehrfache totale Veränderungen erlitten hat. Und damit ſind wir denn auch der Löſung des großen Räthſels nahe gerückt.

Digitized by Google

Eben das, was die von den Teleologen behauptete Harmonie des ganzen Inſektenthums unmöglich macht, d. i. die *veränderliche Wirklichkeit*, das ſtellen wir mit *Darwin* als die letzte Urſache der Metamorphoſe auf, und ſuchen demgemäß folgende zwei Fragen zu beantworten:

1) Werden die Inſekten wirklich durch den Wechſel der äußern Lebensumſtände verändert nnd im Kampf ums Daſein denſelben angepaßt?

2) Wie erklären ſich nach dieſem Principe die Erſcheinungen ihrer gegenwärtigen Entwicklung?

I. Beweiſe der Veränderung und Anpaſſung.

Die ganze Frage, welche uns hier beſchäftigt, wäre ſelbſtverſtändlich ſofort entſchieden, wenn es uns gelänge, durch Anwendung gewiſſer Agentien irgend ein Inſekt und deſſen Entwicklungsweiſe in auffallender und *bleibender* Weiſe zu verändern oder mit andern Worten eine *künſtliche Metamorphoſe* herbeizuführen.

In Wirklichkeit aber hat man bekanntlich auf dieſe Art meiſt nur geringfügige Veränderungen der Farbe, der Zeichnung u. ſ. f. erzielt, und wir haben ſchon früher einmal die Gründe auseinandergeſetzt, weshalb wir ſchwerlich je ausgiebigere Umwandlungen erzwingen werden.

Iſt nun auch den bisherigen direkten Beweiſen für unſere Annahme kein großes Gewicht beizulegen, ſo läßt ſich doch und zwar auf das Ueberzeugendſte die Richtigkeit derſelben auf indirektem Wege darthun.

Lehrreich iſt in dieſer Beziehung zunächſt ein Vergleich der verſchiedenen Form- und Lebenszuſtände eines Inſektes während der zwei Hauptperioden ſeiner Entwicklung.

Im Ei, wo dasſelbe ein von der Außenwelt faſt gänzlich abgeſchnittenes Daſein führt, iſt die Entwicklung in der Regel eine ziemlich gleichförmige, wenigſtens frei von ſo auf-

Digitized by Google

fallenden den ganzen Habitus verändernden Umgestaltungen, wie man sie sonst beobachtet.

Mit dem Eintritt ins freie Leben dagegen, wo das Thier bald unter diese, bald unter jene Verhältnisse geräth und selbst bei der denkbar größten Einförmigkeit der Umgebung dennoch, schon in Folge seiner physiologischen Natur, beständig neuen Anregungen und Antrieben ausgesetzt ist, beginnt auch das Unstäte und Veränderliche der Entwicklung. Letzteres ist geringer bei Insekten, z. B. der Küchenschabe, die unter relativ gleichbleibenden oder stationären Umständen aufwachsen; es steigert sich aber (Sitaris, Polynema) in dem Grade, als der Wechsel und der Abstand der Lebensbedingungen (Aufenthalt, Nahrung ꝛc.) zunimmt.

Von großer Wichtigkeit für unsere Frage sind dann die provisorischen Organe, d. h. die gewissen zur typischen oder ererbten Normalausrüstung neu hinzuerworbenen und ganz besonderen Existenzbedingungen entsprechenden vergänglichen Einrichtungen. Sie finden sich in allen Lebensstadien.

Am Embryo zunächst gehören u. A. dahin die gewissen Schutzorgane, nämlich die Embryonal- resp. auch die Eihüllen. Ferner eigenthümliche Werkzeuge zum Oeffnen der Schale, wie z. B. der obenerwähnte Mundstachel der Fliegenmade.

Am reichlichsten ist aber die Larve, d. i. das am längsten und am meisten den Einflüssen einer wechselnden und feindlichen Außenwelt unterworfene Stadium, damit versehen. Wir erinnern nur an die tausendfältigen Bewegungs-, Haft- und Schutzorgane, speciell an die Hinterleibshaken der Cicindela (S. 73), an das „maulwurftatzenartige" Kriechorgan der Chironomus *), an die seltsamen Klammerwerkzeuge der

*) Bei einer jüngst von uns beobachteten Art besteht dasselbe aus einem Paar langer mit einem rauhen Knopf endigender Stiele, welche vollkommen den Afteranhängen gleichen.

Digitized by Google

röhrenbewohnenden Kärder (Fig. 159 w), an die Dornkränze der Fliegenmaden (Fig. 159 o), sowie von innern Einrichtungen an die Spinnorgane, an gewisse Stinkdrüsen u. a. ganz aparte und nur für einen ganz besondern und eingeschränkten Lebenskreis bestimmte Dinge.

Auch die Puppe hat solche practische Nebenorgane und zwar, was ganz zur Theorie paßt, um so mehr, je mehr sie mit der Außenwelt verkehrt, also je „freier" sie ist. Dies und überhaupt das Wesen der provisorischen Bildungen wird am besten durch eine kurze Vergleichung der Larve und Puppe einer Corethra (S. 492) erläutert. Beide haben eine große Zahl Gemeinsamkeiten: dies ist das Typische, das durch alle Verwandlungen Bestehende und Bleibende. Daneben hat jedes sein Originelles, seine Besonderheiten, wovon wir, um den Unterschied recht deutlich zu machen, nur die Bewegungsorgane hervorheben.

Die Larve (A) nimmt bekanntlich wegen ihrer zwei Tracheenblasenpaare, wovon das eine vorne, das andere hinten liegt, im Wasser eine horizontale Stellung ein. Dem entspricht nun, wie bei einem Fisch, ein verticales Steuerorgan (Fa). Die Puppe (B) dagegen steht, wegen Wegfall der hintern Luftsäcke, vertical im Wasser, und dies verlangt eine (hier in zwei Flügel getheilte) horizontale Schwanzflosse (Fl).

Von andern specifisch pupalen Anpassungen nennen wir noch die gestielten Stigmen der freilebigen Fliegenpuppen, dann gewisse auf den Schutz abzielende Integument-Verdickungen und Rauhigkeiten, wie man sie bei Fliegen, Faltern u. A. beobachtet.

Ganz außerordentlich lehrreich sind dann die Fälle der sog. Con- und Divergenz.

Wir verstehen darunter die schon mehrfach berührte Erscheinung, daß gewisse Entwicklungsstadien und zumal Larven ganz

Digitized by Google

verschiedener Ordnungen unter ähnlichen Lebensbedingungen den Schein der Gleichheit und umgekehrt systematisch nahestehende und auch innerlich zusammengehörige Formen unter divergenten Umständen den Schein der Ungleichheit zur Schau tragen.

Für beiderlei Anpassungsarten gibt es Beispiele in Hülle und Fülle.

Hinsichtlich der Convergenz erinnern wir zunächst an den Umstand, daß die so ungemein charakteristische und zum bequemen und ruhigen Abweiden der Pflanzen wie geschaffene Raupenform der Schmetterlinge unter meist ganz ähnlichen Lebensbedingungen auch in der Ordnung der Hautflügler (Fig. 208* K), der Käfer und nach den Untersuchungen Brauer's auch bei Netzflüglern (Panorpa, u) wiederkehrt.

Nicht minder auffallend ist dann die unstreitig nur durch den Aufenhalt im Wasser bedingte Convergenz zwischen den Larven der Eintagsfliegen (r) und jenen gewisser Schwimmkäfer (Gyrinus E), deren als Kiemenflossen dienende Hinterleibsanhänge in beiden Ordnungen oft so ähnlich sind, als ob man es faktisch mit „Parallelschöpfungen" (Kirby) zu thun hätte.

Auch manche der sog. campodeaförmigen Larven dürften bei ihrer z. Th. sehr großen innern Verschiedenheit wohl kaum auf gleiche Abstammung, sondern lediglich auf ähnliche Anpassung zurückzuführen sein, und sind in Folge dessen ganz darnach angethan, uns beim Aufsuchen der Ursprungsformen der Insekten auf eine falsche Fährte zu leiten. —

Was dann aber die divergenten Anpassungen betrifft, so wird man mit Hilfe unseres Tableaux nicht lange nach Belegen suchen.

Man nehme beispielsweise die Käferreihe (A—E). Da finden wir drei Larven (B, D und E), von denen wohl jeder zugeben wird, daß sie von einander sehr bedeutend verschieden

Digitized by Google

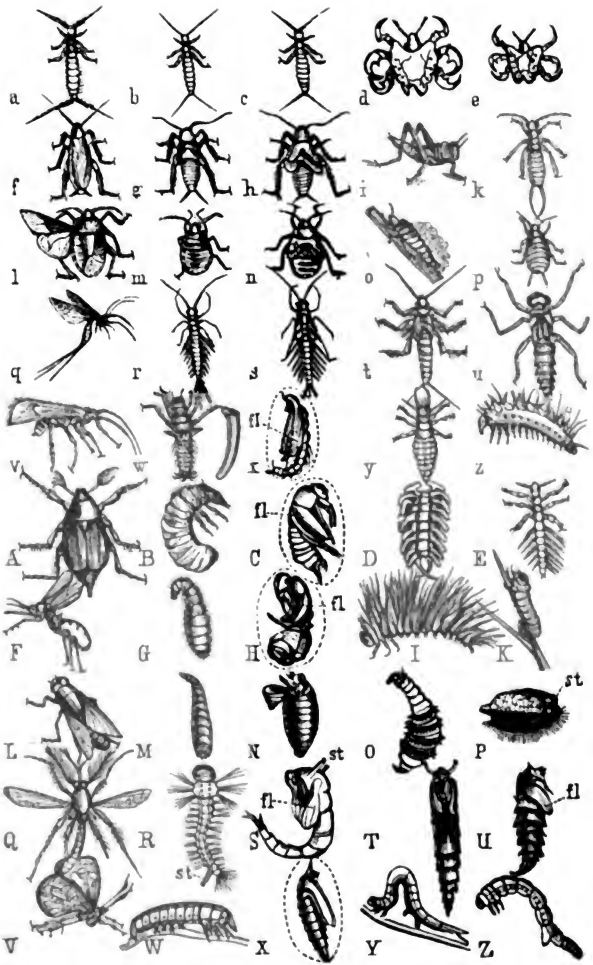


Fig. 208*.

Digitized by Google

sind, was offenbar nur daher kommen kann, daß jede derselben unter ganz eigenartigen Umständen lebt und denselben in hohem Grade accomodirt ist.

So vegetirt bekanntlich die Larve B als sog. Engerling unter der Erde oder im Innern von Wurzeln, welche sie aufzehrt, und damit stimmen die kurzen Beine und der sackartige weiche Hinterleib.

Der Larve E hingegen, die sich im Wasser nach Beute herumtreibt, könnten wir keine passendere Ausrüstung geben, als die sie faktisch besitzt, nämlich die mehr erwähnten Tracheenkiemen.

Endlich haben wir noch die auf Schnecken lebende Larve D, und es ist in die Augen springend, daß ihr asselartig verbreiterter Körper der schlüpfrigen Unterlage sehr angemessen ist.

Daß nun aber diese und ähnliche Formzustände wirklich im Kampf ums Dasein erworbene oder *natürliche* Anpassungen sind, dafür legen ganz besonders die weit verbreiteten *Rückbildungen* Zeugniß ab.

Die meisten Insekten, um nur Ein Beispiel dieser Gattung zu bringen, athmen bekanntlich durch seitliche Luftlöcher oder Stigmen, von denen meist zwei Paare auf die Brust und acht auf den Hinterleib entfallen, und sind die Anlagen dieser Oeffnungen sowie der zugehörigen Tracheen auch in der Regel bereits am Embryo ausgeprägt. Nun möchte man gewiß erwarten, daß auch das zwischen Embryo und Imago liegende Mittelstadium, d. i. die Larve, damit in gleicher Weise versehen wäre. Das ist aber bei manchen Insekten, deren Larven im Wasser oder in andern für ein allseitig *offenes* (holopneustisches) Tracheensystem ungeeigneten Medien leben, nicht der Fall, sondern wir finden entweder, wie bei den Larven vieler Netzflügler, mancher Käfer, Schmetterlinge u. s. w., *gar keine offenen Stigmen* (apneustisch),

Digitized by Google

dafür aber, als echt provisorische Bildungen, die oft erwähnten Kiemenflossen — oder nur einzelne (hemipneustisch), und zwar, je nach der besonderen Lebensweise, entweder ganz hinten (metapneustisch), wie bei den Muscidenmaden, bei Hydrophilus, Culex u. s. w., oder nur vorne (propneustisch), resp. (wie bei Muscicden, Oestriden) vorne und hinten (amphipneustisch).

Nun, wie lassen sich diese z. Th. ganz bewundernswerth „zweckmäßigen" Verhältnisse anders erklären, als durch die Annahme, daß die betreffenden Larven gleich andern normalathmigen Insekten ehemals in der freien Luft lebten und, wie der Embryo zeigt, auch die typischen Insektenstigmen besaßen, nachträglich aber in das Wasser oder in die gewissen anderen Medien geriethen, und daß dann in Folge dessen die für die geänderten Lebensverhältnisse unvortheilhaften offenen Stigmen und Tracheen nach und nach einer Rückbildung anheimfielen?

Diese neuerlichst durch Palmen auf das eingehendste begründete Auffassung findet ihre glänzende Bestätigung in dem durch denselben Forscher gelieferten ausgedehnten Nachweis, daß es sich hier gar nicht um ein absolutes Fehlen der gewissen Athemvorrichtungen, sondern lediglich um eine provisorische oder temporäre Reduktion und Funktionseinstellung handelt, und es wäre in der That des Versuches werth, zu erproben, ob sich solche Veränderungen nicht vielleicht auch auf künstliche Weise herbeiführen ließen.

II. Erklärung der Metamorphose durch Vererbung und Anpassung.

Wir überzeugten uns soeben, daß gewisse Zustände in der heutigen Entwicklung des Individuums auf thatsächliche Veränderungen der Insekten im Laufe der Zeit d. i. also auf deren historische (oder Stammes-)Entwicklung hinweisen, sowie

Digitized by Google

aus allem Bisherigen hervorleuchtet, daß diese beiden Entwicklungsreihen sich gegenseitig erläutern und erklären.

Da nun aber, strenge genommen, die individuelle Entwicklung sowohl mit Rücksicht auf die Zahl der untersuchten Insekten als hinsichtlich der Vollständigkeit der Untersuchung nur theilweise bekannt und auch die paläontologische Ueberlieferung trotz der zahlreichen Funde der letzten Jahre, eine äußerst mangelhafte ist*), so versteht es sich von selbst, daß man bei der Erklärung der Metamorphose allenthalben auf unüberwindliche Hindernisse stößt.

Das und der Zweck des Buches verbietet uns denn auch im Nachfolgenden über die Darlegung einiger allgemeinerer Gesichtspunkte hinauszugehen. **)

Die Vergleichung der Insekten mit andern Gliederthieren (Tausendfüßer, Spinnen, Krebse, Ringelwürmer) zeigt uns an ihrem Körper zwei Gruppen von Merkmalen: solche (Gliederung, Segmentanhänge p. p. gewisse innere Einrichtungen), die sie mit den genannten theilen, das ist der Typus der Gliederthiere: und dann solche (Flügel, Flügelbrust, Segmentgruppirung ꝛc.), die sie ganz allein haben, das ist der Typus des Insekts.

Den Typus des Gliederthiers sagen wir nun, haben die Insekten von einem Gliederthier geerbt, oder sie stammen von einem mit den betreffenden ganz allgemeinen Merkmalen versehenen Gliederthier ab; das rein Insektische aber haben sie später selbständig (durch Veränderung und Anpassung)

*) Eine gedrängte Darstellung des gegenwärtigen Standes sowie der Literatur der Insekten-Paläontologie gibt (Memoires of the Boston Soc. of Nat. History 1879) der berühmte amerikanische Entomologe Samuel H. Scudder, dem diese Disciplin unstreitig einen neuen Aufschwung zu verdanken hat.

**) Ein Porträt des Urinsektes sowie eine ausführliche Genealogie der Kerfe hat P. Mayer (Jenaische Zeitschrift 1876) entworfen.

Digitized by Google

erworben und zwar theils ganz neu erworben (wahrscheinlich Flügel u. A.), theils durch Umänderung gewisser Einrichtungen ihrer Vorfahren (Beine, Mundtheile ꝛc.).

Die historische Entwicklung eines Insekts bestünde demnach aus zwei Abschnitten, nämlich aus der Vorgeschichte (Entwicklung der Vorfahren) und aus der eigenen.

Zwei ähnliche Perioden zeigt uns nun auch in der That die individuelle Entwicklung eines Insekts, *insofern nämlich im ersten Abschnitt im Allgemeinen wenigstens zunächst der Typus eines Gliederthiers* und *erst im zweiten der des Insekts* zur Ausbildung kommt.

Nun scheint die Erklärung der Ontogenie und speciell des zweiten Abschnittes sehr einfach zu sein.

Denken wir uns einmal als Stammінsekt ein sechsbeiniges aber noch ganz flügelloses Gliederthier und zwar in zwei Exemplaren.

Die Nachkommen des einen Exemplars seien im Laufe der Zeit stets unter ähnlichen Verhältnissen geblieben, hätten sich aber denselben, im Kampf ums Dasein, immer vollkommener angepaßt und hätten im gleichen Sinne auch nach und nach die Flugorgane, sowie manche andere imaginale Charaktere erworben.

Die Wiederholung oder Recapitulation dieser successiven Vervollkommnungen bei den einzelnen Generationen am Individuum gäbe nun das, was wir die einfache fortschreitende Entwicklung nennen.

Die Nachkommen des andern Exemplars dagegen wären im Laufe der Zeit unter sehr abweichenden Bedingungen gerathen und hätten in Folge dessen nach und nach auch sehr abweichende Gestaltungen angenommen, wobei es jedoch schließlich zu einem ähnlichen Resultat wie im ersten Fall d. i. zur Erzeugung einer geflügelten und überhaupt einer echt imaginalen Generation kam.

Digitized by Google

Die Reproduktion dieser zweiten Reihe von Veränderungen wäre dann offenbar das, was wir Entwicklung mit Metamorphose heißen.

Ja soll denn aber die gegenwärtige Entwicklung wirklich nur eine schablonenmäßige Aneinanderreihung früherer Formzustände sein?

Eine einfache Betrachtung lehrt, daß dies durchaus nicht der Fall sein kann. Wir dürfen nämlich u. A. nicht vergessen, daß die Bedingungen, unter denen sich die Insekten gegenwärtig entwickeln, vielfach ganz andere sind wie in frühern Perioden, und unsere Hauptaufgabe ist es nun eben zu zeigen, was die individuelle Entwicklung von der historischen oder Stammesgeschichte unterscheidet, was also die specifische Eigenart derselben bedingt und ausmacht.

Die wichtigste Eigenthümlichkeit der Ontogenese liegt zunächst in der durch die Kürze der Zeit bedingten Zusammenziehung oder Verkürzung der Stammentwicklung.

Als Beispiel nennen wir die Flügelbildung. Diese Organe sind unstreitig das Resultat von successiven Vervollkommnungen gewisser Hautfalten, die wohl erst im Laufe zahlreicher Generationen so weit gediehen sind.

In der Ontogenese aber wird dieser Proceß sehr rasch abgewickelt, ja vielfach ist die so stufenreiche historische Flügelbildungsperiode scheinbar nur durch ein einziges Stadium vertreten.

Eine zweite Eigenart beruht auf einer andern Eintheilung der Entwicklungsperioden.

Wenn die Thiere gewisse Activorgane, wie z. B. die Geh- oder Sehwerkzeuge, wirklich durch Anpassung im Kampf ums Dasein erworben haben, so ist doch klar, daß dies nicht im Zustande des Eies, wo es ja noch nichts zu laufen und zu sehen gibt, sondern erst später, während ihres freien Lebens geschehen sein kann.

Digitized by Google

Trotz alledem kommt der Kerfembryo, wie bekannt, schon vollständig gewappnet aus der Schale, ja es entwickeln sich bereits im Ei sogar solche Einrichtungen, wie z. B. die Facettaugen (der Ametabolen), die Stigmen u. s. w., welche phylogenetisch gewiß relativ jungen Datums sind.

Bedenken wir aber, daß ein Thier und gar ein so ungeheurer Concurrenz und Anfeindung ausgesetztes, wie das Insekt, schon für den ersten Bedarf des freien Lebens

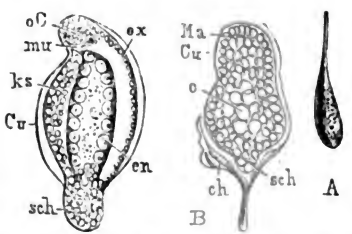


Fig. 209.

Entwicklung einer Schlupfwespe (Polynema natans), nach Ganin.

A Gestieltes Ei.

B Erste Larvenform mit Theilen der gesprengten Eihaut (ch). Ma Hautepithel (Exoderm), Cu die davon abgesonderte Cuticula, c große Central- (Entoderm-) Zellen, sch schwanzartiger Anhang.

C Umwandlung in die zweite Larvenform. Anlage eines Keimstreifs (ks), Bildung des Darmes (en), oG Gehirnganglion, mu Mundspalte. Die Cuticula (Cu) der ersten Larvenform ist gelockert.

die gewissen Hilfswerkzeuge sehr wohl brauchen kann, so werden wir es vollständig begreifen, daß sich im Laufe der Zeit in Folge der durch gewisse Schwankungen der Bildungsvorgänge ermöglichten Zuchtwahl die embryonale Entwicklungsperiode unter Verkürzung der postembryonalen und unter Vergrößerung des Nahrungsdotters sehr bedeutend verlängert hat.

Sowie es aber für die meisten Insekten von großem Vortheil ist, daß sie möglichst spät beziehungsweise in einem

Digitized by Google

ſchon ſehr weit vorgeſchrittenen Entwicklungszuſtand das Ei verlaſſen, ſo kann es, zumal bei großer Kleinheit des Eies, ausnahmsweiſe auch von Nutzen ſein, daß der Embryo möglichſt früh in die Lage verſetzt wird, das demſelben zu ſeiner höhern Ausbildung im Ei mangelnde Material ſelbſt zu erwerben.

Eine derartige Verkürzung des Embryonallebens kommt nun auch faktiſch bei mehreren Inſekten, am auffallendſten bei gewiſſen durch ihre winzigen Eier bekannten Schlupfwespen (Pteromalinen) vor.

Fig. 209 A zeigt nach Ganin das mit einem langen Stiel verſehene Ei einer ſolchen (Polynema) und B die in überraſchend kurzer Zeit daraus hervorgehende (erſte) Larve. Der äußern noch völlig indifferenten Form nach iſt letztere aber ſozuſagen ſelbſt noch ein Ei, und auch das Innere zeigt uns ſtatt der mannigfaltigen Organe anderer Kerflarven nichts weiter als einen Haufen Zellen, die ſich ſpäter (C) in eine Hautlage (ex) und in eine eine Art Darmhöhle formirende Binnenlage (en) ſondern. Genannte Höhle und eine in ſie einmündende Mundſpalte ſind auch die einzigen Organe, welche der ſchon weiter entwickelten (oder zweiten) Larvenform zukommen und mit welchen ſie die oben angedeutete Funktion der Ernährung vollziehen.

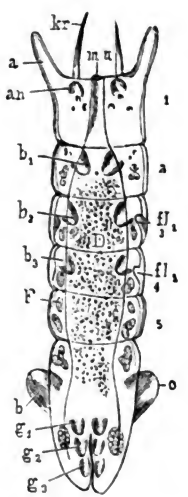


Fig. 210.

Dritte ſog. Hystriobdella (eine Art Blutegel) ähnliche Larvenform.

kr Krallfüße, an Antennen-, b1, b2, b3 Bein-, fl1, fl2 Flügel- und g1, g2, g3 Genitalanlagen, F Fettkörper.

Digitized by Google

Das, was andere Inſekten und Gliederthiere überhaupt ſo auszeichnet, nämlich ein Syſtem von Nerven und Muskeln, kommt erſt ſpäter aus einer keimſtreifartigen Verdickung des Bauchexoderms (ks) zum Vorſchein. Die definitive (3.) Larvenform iſt in Fig. 210 dargeſtellt.

Bei einigen andern Pteromalinen (Platygaster z. B.) iſt die erſte Larve (Fig. 211 D) wegen gewiſſer aus der Abbildung erſichtlichen Hilfswerkzeuge allerdings viel höher als bei

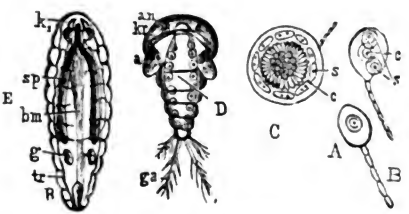


Fig. 211.
Entwicklung einer andern Pteromaline (Platygaster).
A Langgeſtieltes Ei.
B In Theilung.
C Späteres Stadium, wo aus der Centralzelle (c) ein ſolider Zellhaufen, der Embryo, und aus den Polarzellen (s) die Embryonalhülle entſtanden.
D Erſte, aus dem Ei ausgeſchlüpfte ſog. cyclopsartige Larvenform, an Antennen, kr große einſchlagbare Krallfüße, ga gabelläftiger Schwanzanhang (ſog. Furca).
E Dritte Larvenform. k1 Oberkiefer, sp große Speicheldrüſen beiderſeits des Darmes, bm ſtrangförmiges Bauchmark, tr Tracheen, g Anlagen der Geſchlechtsorgane.

Polynema; ihr Inneres iſt aber kaum weniger mangelhaft und geht der endgiltigen typiſchen Larve (E) gleichfalls ein halb puppen-, halb embryoartiges Mittelſtadium mit Keimſtreif voraus.

Oft ungemein ſchwer zu unterſcheiden von der jetzt erläuterten Verlängerung reſp. Verkürzung einzelner Entwicklungsperioden iſt die eigentliche Verſchiebung derſelben,

Digitized by Google

wir meinen die Erſcheinung, daß in Folge vortheilhafter Abänderungen und Anpaſſungen gewiſſe Charaktere, welche die Vorfahren der Inſekten relativ ſpät erworben haben, in der Jetztentwicklung relativ früh und umgekehrt auftreten.

Beiderlei Arten von Verſchiebungen kommen in der Regel, wie folgendes Beiſpiel lehren mag, vereint vor.

Die Flügel nimmt man wohl durchgehends, da ſie ja ein gemeinſames oder Klaſſenmerkmal aller eigentlichen Inſekten bilden und auch bereits an den Kerfen der Devon-Formation den heutigen Typus zeigen, als ſehr frühe Erwerbungen an. Nehmen wir nun aber z. B. eine Werre, ſo zeigen ſich deren Flügelanlagen erſt nach einigen Häutungen, und bei den metaboliſchen Inſekten kommen ſie, äußerlich wenigſtens, überhaupt erſt im letzten Stadium zum Vorſchein.

Wir nannten aber ſpeciell die Werre, weil man dieſer ſchon gleich nach dem Verlaſſen des Eies und bevor ſie alſo eine Spur der gewiſſen allgemein inſektiſchen Organe d. i. der Flügel zeigt, nicht bloß die Ordnung und Familie, ſondern faſt ſchon die Gattung ankennt, zu der ſie gehört.

Würden wir nun die gegenwärtige Entwicklung der Werre als getreue und nicht als „gefälſchte" Wiedergabe der Stammesgeſchichte anſehen, ſo kämen wir zu dem gewiß höchſt ſeltſamen Schluß, daß unſer Thier zuerſt eine Werre und dann erſt ein (geflügeltes) Inſekt geworden iſt.

Aus den bisherigen Mitheilungen erſieht man, daß ſich die Erklärung der (gegenwärtigen) Metamorphoſe im Weſentlichen um die Frage dreht, welche Formzuſtände oder Entwicklungsſtadien relativ urſprünglich und welche verhältnißmäßig neuern Datums ſind, und wir wollen uns nun darüber kurz zu orientiren ſuchen.

Vergleichen wir zu dieſem Zwecke zunächſt die Endſtadien d. ſ. die Imagines der verſchiedenen Inſekten, ſo muß man zugeben,

Digitized by Google

daß dieselben trotz vieler Differenzen im Ganzen und Großen doch nur Variationen eines und desselben Typus sind, und besonders der mehr erwähnte Umstand, daß alle gerade in einem Merkmal, das kein anderes Thier besitzt, wir meinen durch den Besitz der Flügel übereinstimmen, läßt, will man nicht zur Annahme greifen, daß die verschiedenen Insekten diese Organe selbständig durch convergente Anpassung erworben haben, wohl keine andere Auffassung zu als die, daß alle Kerfimagines von einer gemeinsamen geflügelten Urform abstammen, und daß also das specifisch Imaginale derselben, zumal der Flügelbesitz etwas relativ Ursprüngliches oder Früherworbenes ist.

Da nun aber, wenigstens der Regel nach, Aehnliches nur aus Aehnlichem hervorgehen kann, so ist klar, daß während der Silur-Periode oder noch früher, wo die ersten imaginalen d. h. geflügelten Insekten entstanden, auch deren Vorstadien resp. deren Larven sowohl unter einander als auch den Imagines ähnlich gewesen sein mußten.

Mustern wir nun aber die gegenwärtigen Vorstadien der metabolischen Insekten, so finden wir bekanntlich, daß diese allgemeine Aehnlichkeit, welche, den einheitlichen Ursprung der Insekten vorausgesetzt, unseres Erachtens einmal nothwendig bestanden haben muß, jetzt nicht mehr besteht, daß vielmehr sogar solche Larven, deren Imagines einander fast vollständig gleich sehen, oft so sehr von einander verschieden sind, daß man nicht einmal einen gemeinsamen Typus zu erkennen vermag.

Diese Erscheinung läßt nun offenbar keine andere Erklärung zu als die, daß das specifisch Larvale gewisser heutiger Vorstadien relativ weit jüngeren Ursprungs als das Imaginale ist, oder mit andern Worten, daß die Vorstadien der Insekten in Folge neuer für sie vortheilhafter Anpassungen erst zu einer Zeit von einander stärker zu

Digitized by Google

bewegten anfingen, als die historische Periode der Imaginalisirung schon vorüber war. *).

Ja, wird man einwerfen, wie kommt es denn, daß, wenn sich die Larven im Laufe der Zeit so sehr verändert haben und einander z. Th. so außerordentlich unähnlich geworden sind, ihre Imagines, wie oben behauptet worden, doch wenigstens im Ganzen immer noch einen einheitlichen Charakter darbieten?

Dieser für unsere Theorie scheinbar höchst bedenkliche Einwurf findet indeß in einer bereits in der vergleichenden Lebensgeschichte bewiesenen Thatsache ihre Erledigung, daß nämlich die verschiedenen Entwicklungsstadien eines Thieres bis zu einem gewissen Grade ganz unabhängig von einander variiren können, indem, um uns J. Lubbock's Worte zu bedienen, „die äußeren Kräfte, die auf die Larven einwirken, von denen verschieden sind, welche die reife Form beeinflussen, und dem entsprechend in den Jungen Veränderungen hervorgebracht werden, welche weniger auf die definitive Gestalt als auf die augenblicklichen Bedürfnisse Bezug haben".

Wenn man nun auch einsehen und zugeben muß, daß Larve und Imago durch gewisse äußere Umstände faktisch

*) Gegen eine solche Ansicht spricht scheinbar der Umstand, daß bei andern Thierklassen, z. B. bei den Krebsen und Stachelhäutern, die Verhältnisse insoferne gerade umgekehrt liegen, als hier unstreitig die Larven einander bei weitem ähnlicher als die Imagines sind. Es ist jedoch u. A. zu erwägen, daß die ersten freien Lebensstadien der genannten Geschöpfe ihrer noch wenig differencirten Organisation halber nicht mit den weit höher stehenden Larven, sondern vielmehr mit den Embryonen der Insekten zu vergleichen wären, welche letztere einander ja gleichfalls viel näher stehen als die Imagines.

Digitized by Google

verändert werden und daß ferner die Veränderungen des einen Stadiums nicht immer auch eine gleichgerichtete oder correspondirende Umgestaltung des andern bedingt, so bleibt es doch immerhin sehr auffallend, daß die Unterschiede zwischen Larve und Imago oft so außerordentlich groß sind, ja daß ein und dasselbe Wesen nach einander geradezu contrastirende Formen und Lebensgewohnheiten darbietet.

Und in der That ist mit der Berührung dieser Frage der eigentliche Kernpunkt des gesammten Metamorphosenproblems getroffen — zugleich aber auch die Gelegenheit geboten, zu zeigen, daß gerade hier die Theorie der natürlichen Zuchtwahl die einfachste und die vollkommenste Lösung gibt.

Es ist zunächst die Thatsache vorauszuschicken, daß in Anbetracht der ganz enormen, der alle Begriffe übersteigenden Menge der Insekten auch der Kampf ums Dasein und zumal um die Nahrung ein ganz ungeheurer ist und daß von all den unzähligen Concurrenten immer nur verhältnißmäßig wenige Individuen ihren Zweck erreichen und ihre Art fortpflanzen, während die übrigen vorzeitig zu Grunde gehen.

Unter solchen Umständen ist nun wohl klar, daß ein Insekt, welches im Laufe seines Daseins vermöge der Art seiner Entwicklung ein doppeltes Nahrungsgebiet beherrschen würde, wir meinen ein solches, das als Larve etwa zum Abweiden der Pflanzen, später aber, als Imago, zum Aufsaugen des Blütenhonigs eingerichtet wäre, sich in Vortheil befände vor einem andern, das in beiden Lebensaltern ungefähr die gleiche Organisation besäße und in Folge dessen entweder nur Blätter kauen oder nur Honig saugen könnte.

Wenn dies aber im Allgemeinen wenigstens und speciell für die durch einen großen Individuenreichthum ausgezeichneten Insektenformen richtig ist, dann ist auch einleuchtend, daß die natürliche Zuchtwahl eine solche durch die

Digitized by Google

ganze Naturökonomie gebotene Arbeits- und Nahrungstheilung durch Erhaltung und Anhäufung geeigneter Körperveränderungen kräftigst unterstützen wird, und so kann es unter Umständen schließlich auch zu jener totalen Wechsellebigkeit und Wechselgestaltigkeit kommen, wie sie ja auch bei andern Thieren, z. B. bei den parasitischen Würmern, eine hervorragende Rolle spielt.*) —

Was nun aber das Weitere, d. i. die wirkliche Inscenirung einer solchen Gegensätzlichkeit und Sonderung zwischen Larve und Imago anlangt, so hat man da folgende Punkte zu beachten: 1) die Betheiligung der einzelnen Entwicklungsstadien bei solchen Anpassungen und dann 2) die Art und Weise, wie diese geschehen und auf welche Organe sie sich hauptsächlich erstrecken.

Hinsichtlich des ersten Punktes sei kurz bemerkt, daß zwar selbstverständlich alle Lebensstadien abänderungs- und anpassungsfähig sind, daß aber erstens bei den gestaltlich noch weniger differenzirten Larven solche Umformungen leichter ausführbar sind als bei einem in morphologischer Beziehung so allseitig scharf determinirten Wesen wie es das Imago ist, und dann zweitens, daß auch die Wahrscheinlichkeit und Dringlichkeit einer solchen Transformation bei den Larven um so größer ist, je länger ihr Leben im Verhältniß zum Imago dauert, je länger sie also auch — zumal wenn der Nahrungserwerb fast ausschließlich ihnen allein zufällt — den unausbleiblichen Kampf ums Dasein zu führen haben.

Was dann aber den zweiten Punkt d. i. die Natur dieser Anpassungen und zwar speciell bei der Larve betrifft, so ist hier nach dem Frühern eine doppelte Erscheinung zu

*) Sehr verstärkt wird diese Divergenz durch die vielfältigen Anpassungen des Imago an die Verrichtungen der Fortpflanzung.

Digitized by Google

Fig. 212. Raupennest von Bombyx Radama aus Madagaskar, nach Coquerel.

Digitized by Google

unterſcheiden, nämlich: 1) die Eliminirung ehemaliger aber für die neuen Lebensverhältniſſe zweckwidriger oder doch überflüſſiger imaginaler Charaktere, wie z. B. der Flügel, der Facettaugen u. ſ. w., wir nennen dies kurz die Ent-Imaginaliſirung, und dann 2) die Erwerbung neuer, rein proviſoriſcher Einrichtungen, d. i. alſo die eigentliche Larvaliſirung.

Bezüglich der Ent-Imaginaliſirung möchten wir noch darauf zurückkommen, daß die verſteckte, wir meinen die durch Einſtülpung oder gar durch rein innerliche Keime bewerkſtelligte Imaginalbildung vieler Larven als eine für ihr Leben vortheilhafte Anpaſſung oder Abänderung zu betrachten ſein dürfte, während umgekehrt z. B. das frühe Auftreten der Netzaugen bei der räuberiſchen Corethra-Larve eine durch naheliegende Umſtände erzeugte Wiederannäherung an das Imago bedeutet.

Wenn nun aber die Larve gewiſſer Inſekten in der angedeuteten Weiſe nach und nach ihre ehemalige unmittelbare Beziehung zur Organiſation des Imago großentheils aufgibt, wie ſoll dann aus ihr dennoch das letztere hervorgehen?

Nun, dieſe Vermittlung beſorgt eben an Stelle der emancipirten Larve ein anderes Weſen und das iſt, wie der Leſer wohl ſchon errathen haben wird, die Puppe.

Da ſei denn aber zunächſt dieſes hervorgehoben. — Wir können uns ſehr leicht — und müſſen es nach der Theorie — vorſtellen, daß Inſekten, welche ihre gegenwärtige Entwicklung im Zuſtand des geflügelten Imago beſchließen, dies ehemals als Larven, ſagen wir in einem ganz oder faſt ungeflügelten Zuſtand thaten, und daß alſo Larven als geſchlechtsreife Endformen wirklich einmal gelebt haben und z. Th. noch leben. Dagegen können wir uns unmöglich denken, daß dasſelbe auch hinſichtlich der typiſchen Puppe jemals der Fall geweſen ſei; denn wie könnte ein Weſen, wie etwa die

Digitized by Google

Tonnenpuppe der Fliege, ſich fortpflanzen oder überhaupt ein Lebendiges repräſentiren? Daraus folgt aber, daß die Puppe kein urſprüngliches oder phylogenetiſches, ſondern lediglich ein ſecundäres, ein ſpecifiſch ontogenetiſches Entwicklungsſtadium iſt.

Man kann aber die Zeit und die Art der Puppen-Bildung noch genauer beſtimmen.

Echte oder typiſche Puppen, ſo ſagen wir, exiſtiren genau ſo lange, als es ſtark entimaginaliſirte Larven gibt; denn die Puppe iſt ja eben nichts Anderes als die gedrängte Zuſammenfaſſung der ehemals zwiſchen Larve und Imago beſtandenen Uebergangszuſtände, und dieſes ſpecifiſche Verwandlungsſtadium erſcheint biologiſch um ſo unſelbſtändiger, je ſelbſtändiger und eigenartiger die Larve iſt und je höher ſich zugleich das heutige Imago über das alte erhoben hat.

Bei dieſer gleichfalls unter das Princip der Arbeitstheilung fallenden Sonderung in eine Periode des Wachsthums oder der Larve und in eine Periode der Verwandlung oder der Puppe dürfte aber möglicherweiſe noch ein zweiter Faktor von Bedeutung ſein.

Es ſcheint eine Thatſache, daß in unſern kältern Klimaten der Zuſtand der Puppe meiſt in den Winter, in den tropiſchen Ländern hingegen in die Zeit der größten Trockenheit, alſo beide Male in Perioden fällt, wo die für den Unterhalt vieler Inſekten nothwendigen Bedingungen nicht vorhanden ſind.

Nun iſt klar, daß viele Kerfe, welche gegenwärtig dieſe ungünſtige Jahreszeit als ruhende und keiner Nahrung bedürftige Puppen verbringen, umkommen beziehungsweiſe ver-

Digitized by Google

hungern würden, wenn sie dies in einem freilebigen und nahrungsbedürftigen Zustand thun müßten, und in diesem Sinne darf wohl die an denselben häufig zum Ausdruck gelangende Mumificirung als eine auf den Schutz des Individuums abzielende Anpassung betrachtet werden.

Fig. 213.
a Raupe, b eingesponnene Puppe, c eierlegendes, fast flügelloses Imago des Kiefernspinners, nach Ratzeburg.

Wenn wir aber im Vorhergehenden die Larven und Puppen der metabolischen Insekten als im Allgemeinen relativ spät entstandene Zustände bezeichneten, so soll damit hinsichtlich der heutigen Imagines, welche den Kreis der Entwicklung

Digitized by Google

abschließen, selbstverständlich nicht im entferntesten gesagt sein, daß sie noch alle den Ur-Insekten glichen.

Der allgemeinste Typus der letzteren, der seiner Vortrefflichkeit halber auch kaum eine wesentliche Verbesserung zuließ, ist allerdings mit erstaunlicher Treue bewahrt worden; alles Uebrige aber, die ganze Detailausführung ist z. Th. gewiß jüngern Ursprungs, und wie sehr auch das Imago dem Einfluß einer veränderlichen Außenwelt unterliegt, das sehen wir u. A. an den Immenbremen und Schildläusen (S. 300), bei denen sich nur das freilebige Männchen zum geflügelten Imago verwandelt, während das Weibchen, sicherlich in Folge seines Parasitismus, noch unter den Zustand der Larve herabsank.

Daß nun aber die Erklärung der Insekten-Metamorphose, wie sie jetzt flüchtig skizzirt wurde, keineswegs etwa, wie es Manchem scheinen mag, jeder realen Grundlage entbehrt, das wird sich zum Schlusse aus folgender Thatsache ergeben.

Es ist, wofür die oben citirte Abhandlung Scudder's die nöthigen Belege enthält, einfach die, daß in den allerältesten Ablagerungen — von der Silurformation an bis herauf zu den durch einen fast unermeßlichen Zeitraum getrennten Juraschichten — wo es bereits Insekten aus allen Ordnungen der A- und Hemimetabolen, Geradflügler, Netzflügler, Schnabelkerfe und auch Käfer in reichster Fülle gab, bisher auch nicht ein einziges echt-metabolisches Kerf, d. i. weder ein Haut- noch ein Zweiflügler oder ein Schmetterling gefunden wurde, und daß also höchst wahrscheinlich während jener ganzen langen Periode auch noch keine typischen Larven und Puppen existirt haben.

Digitized by Google

Dieſe Thatſache läßt nun wohl, will man nicht zur völlig willkürlichen und unbegründeten Hypotheſe einer *wiederholten* Schöpfung die Zuflucht nehmen, keine andere Deutung zu, als die, daß die *Metamorphoſe* faktiſch keine urſprüngliche, ſondern eine erſt nachträglich aus der einfachen Entwicklung hervorgegangene Erſcheinung iſt.

Digitized by Google

Zuſätze.

Biologiſches.

1) Ueber die Wechſelbeziehung zwiſchen dem Bau, den Leiſtungen und den Lebensverhältniſſen der Inſekten vgl. den meiſterhaften Aufſatz von Prof. R. Leukart in Troſchel's Archiv 1851.

2) Daß die Variabilität in der Größe der Imagines von der präimaginalen Ernährung abhängt, zeigt ſich u. A. bei den Bienen: die in alten und (wegen der zurückbleibenden Cocons früherer Inſaſſen) engeren Zellen aufwachſenden werden kleiner, weil man wahrſcheinlich früher zu füttern aufhört.

3) Ueber neue Funde von Höhleninſekten vgl. A. S. Packard jr.: on a new cave fauna in Utah (Bulletin of the survey Vol. III. No. 1. 1877) und the invertebrate cave fauna of Kentucky etc. (American Naturalist 1875).

4) Ueber die Convergenz zwiſchen den Larvenwohnungen gewiſſer Schmetterlinge und Netzflügler (S. 66) vgl. die hochintereſſanten Angaben von Fritz Müller in Braſilien über Phryganiden (zool. Anzeiger 1878 und 1879, wo man auch am raſcheſten über die neueſten entomologiſchen Schriften des In- und Auslandes orientirt wird).

5) Das hohe Alter der xylophagen Käfer (S. 126 ff.) ergibt ſich aus: „Bois fossiles perforés par des Coléoptères“ (Annales de la Soc. Ent. d. France 1877).

6) Im III. Kapitel wäre ein beſonderer Abſchnitt über die noch wenig ſtudirten Aſſociationsgeſetze der Kerfe einzuſchalten geweſen, und zwar 1. über Aſſociation der Nachkommen unter einander, 2. mit den Eltern, 3. mit anderen Kerfen.

Digitized by Google

7) Ueber das Sichaufhängen
Werk: „Einleitung in di
Westwood, eine wahre S
in Vergessenheit genathen
lesenswerth. Michelet, „
Paris 1869, populär.

8) Eine schöne, anschauliche
Henri de Saussure
sociales". Paris-Genève
Arbeit über exotische Hy
Fr. Smith (S. 171 ff
Zoological Society of
vgl. noch: „Metamorph
von E. Blanchard, u
study of Insects". Sal
Prof. Kristof in Gra
herrührt. — K. Möbi

9) Ueber die wachsschwitz
Dwichel's Archiv 1866
Chrysomela etc. Cla

10) Das beste neuere
„Les fourmis de la
1874, das uns seinen
Strongylognathus
sondern lebt als Pana
„Die zwei Rückenrü
zuckerhaltigen Saft ab
den Ameisen nie gesa
und viele Blattläuse g
von den Ameisen aufg
ecken, sind vielmehr
vgl. Huber und F

11) Zu S. 262. Das
gefütterten Polyergus
zuerst wieder auf
Forel S. 308—320

Zu S. 254. Daß Ameisen ♀ allein neue Kolonien gründen können, ist nach Forel (S. 253) mehr als zweifelhaft.

12) Weitere interessante Experimente über verschiedene Gewohnheiten, sowie über das Sehen der Ameisen gibt John Lubbock (S. 136) in „the Linnean Society's Journal-Zoologie", vol. XIII u. XIV.

13) Zu S. 289, Generationswechsel. Im Gegensatze zur gewöhnlichen und wohl auch viel begründeteren Anschauung, nach welcher die (freilebigen) Medusen nur höher differenzirte hydroide Geschlechtsorgane (wie sie bekanntlich auch Hydra neben den Sprossen erzeugt), haben wir uns hier mehr einer Ansicht von v. Koch (Jenaische Zeitschr. f. Naturw. 1872) angeschlossen.

Zu S. 298, Cecidomyiden-Larven ꝛc., vgl. den geistvollen Aufsatz von v. Baer im Bulletin de l'Acad. Petersbourg, Tome IX, sowie Ganin's Arbeit ebendaselbst.

14) Ueber kulturschädliche Insekten: u. A. Gust. Künstler (zool.-bot. Ges. Wien 1871).

Entwicklungsgeschichtliches.

1) Zu S. 372. Das Insekten-Ei kann insoferne mit einer eingekapselten Amöbe verglichen werden, als sein Inhalt, wie wir jüngst beobachteten, sich bei gewissen Formen (Chironomus z. B.) in eine relativ homogene und stark kontraktile Rinden- (sog. Blastem) und in eine nahrungsdotterreiche Mark- oder Binnenschichte sondert. Beide Zonen enthalten aber bereits frühzeitig fertige Zellen, die ihrerseits gleichfalls amöboid sind und sozusagen die lebendige Brut der Ei-Amöbe darstellen.

2) Zu S. 374. Der sog. Nahrungsdotter (Fett- und mehr oder weniger körnige und oft zellähnliche „Eiweiß"-Kugeln) ist bei den von uns untersuchten Insekten sicher ein Differenzirungsprodukt des Eikörpers selbst.

3) Zu S. 380. Ueber die Natur und die Entstehung der ersten Embryonalzellen (Protoblasten). Nach unseren neuesten Beobachtungen findet man dieselben z. Th. bereits an noch nicht ausgewachsenen Ovarium-Eiern und zwar oft in sehr großer Anzahl. Sie bestehen aus einem relativ kleinen (im frischen Zustand) röthlichen Kern (mit mehreren Kernkörperchen), umgeben

Digitized by Google

von einem selbständigen, anfangs sehr schmalen, später deutlich amöboiden (z. Th. bläulich glänzenden) Plasmahof, und können ihrem Aussehen nach absolut nicht (wie dies Brandt behauptet) mit dem frühzeitig schwindenden resp. sich verändernden großen Keimbläschen verglichen werden. Diese Protoblasten liegen in einem zwischen den Nahrungsdotterelementen sich ausbreitenden protoplasmatischen Netzwerk, das nicht (wie P. Mayer bei Krebsen angibt) direkt mit den eingelagerten Protoblasten zusammenhängt. Kern und Plasmaleib der Protoblasten vergrößern sich und steigen letztere z. Th., wie wir an lebenden Eiern direkt beobachtet, an die blastemartige Oberfläche, um das Blastoderm (Periblast) zu bilden, während die übrigen Zellen den Centro- (bezw. höchst wahrscheinlich den Coelo-) blast ausmachen. — Ueber die lange noch nicht allseitig aufgeklärte Differenzirung des Protoblast in die späteren Keimblätter bei den Wirbelthieren vgl. u. A. Kölliker's Entwicklungsgeschichte, 2. Aufl., sowie Hensen.

4) Zu S. 385, Keimhaut. Die Zellen der polaren Keimhautstrecken bei Chironomus zeigen (nach eigenen Beobachtungen) sehr intensive einseitige Amöboidbewegungen. Sie schicken lange, bis an die Schale reichende Pseudopodien aus und ziehen sie wieder ein.

5) Zu S. 409. Die Deutung der „Dotterklumpen"hüllen bei Pyrrhocoris ist falsch. Solche besitzen die Dotterkugeln schon ursprünglich und das mit Karmin sich roth färbende Netz entspricht dem oberwähnten Plasma-Reticulum. Hier kommt es überhaupt zu keiner Dotterballung.

6) An sich theilenden Blastodermzellen von Insekten und Spinnen konstatirten wir jüngst nach Behandlung mit 2% Essigsäure und Glycerin eine ganz unzweifelhafte „Kernspindel" z. Th. mit aus stark lichtbrechenden Körnern bestehender „Mittelplatte".

7) Von den zahlreichen Schriften über Insekten-Embryologie empfehlen sich besonders: Zaddach (1854), Weismann (Zeitschr. f. w. Zoologie 1864), Bütschli (ebendort 1870), Kowalevski, Embryol. Studien an Würmern und Arthropoden, Petersburg 1871, sowie Brandt Al. (Mémoires de l'Acad. Petersb. 1869). Ueber nachembryonale Entwicklung vgl. die entom. Journale,

Digitized by Google

besonders auch in den Verhandlungen d. zool. bot. Ges. in Wien die wichtigen Arbeiten von Brauer speciell über Dipteren.

Dann, außer den sonst erwähnten: The ancestry of insects von A. S. Packard (Salem 1873), Beiträge zur postembryonalen Gliedmaßenbildung von H. Dewitz (Zeitschr. f. w. Zool. 30 Bd. Suppl.) und Ganin, Materialen zur Kenntniß der postembryonalen Entwicklung der Insekten, Warschau 1876, eine anscheinend höchst wichtige Arbeit, die wir aber aus Unkenntniß des Russischen nicht eingehender berücksichtigen konnten.

8) Betreffs der Bildung des Musciden-Imago. Aus der Vergleichung neuer eigener Schnitte durch ausgewachsene Falter- und Fliegenlarven ergibt sich hinsichtlich der imaginalen Gliedmaßenanlagen eine auffallende Uebereinstimmung. Die Schnitte der letzteren zeigen bei beiden Formen einen dickwandigen (aus einem hohen Cylinderepithel bestehenden) hohlen Zapfen und eine dünne pflasterepithelartige Umhüllung. Dies deutet auf eine Ectoderm-Invagination. Nach Weismann's Befunden zu urtheilen, bleibt es aber höchst fraglich, ob schon die ersten Anlagen der Fliegenextremitäten (in der jungen Made) dieselbe Differenzirung besitzen, und haben wir bisher auch bei den Musciden vergeblich nach einer Invaginationsöffnung gesucht.

Beachtenswerth ist die zweiblättrige Imaginalanlage vor dem Madenafter (S. 475 Fig. 163 a).

9) Den Abschnitt über die inneren Veränderungen der sog. Ametabola haben wir, obwohl er bereits gesetzt war, weggelassen.

10) Zur Eintheilung der Insekten. Die A- und Hemimetabola werden neuerlich mit den Neuropteren und Käfern als (palaeozoische) Heterometabola zusammengefaßt, denen sich dann die geologisch jüngeren Hautflügler, Dipteren und Falter als Holometabola i. e. S. gegenüberstellen. Ontogenetisch läßt sich diese Eintheilung nicht wohl rechtfertigen.

11) Zu S. 471. Die Schwankungen in der Dichte des wachsenden Insektenkörpers stehen in engem Zusammenhange mit dem relativen Wassergehalte desselben.

Digitized by Google

Corrigenda.

S. 24 statt recurva lies recussa.
„ 38 „ Weißmann „ Weismann.
„ 121 u. 123 statt betulae „ betuleti und umgekehrt.
„ 259 statt Strongylus „ Strongylognathus.
„ 259 „ Linsecun „ Lincecum.
„ 259 „ maleficiens (!) „ molefaciens.
„ 259 Atta molefaciens = Poyonomyrmex barbatus Smith.
„ 264 Z. 11 v. u.: „wenn es auch noch ꝛc." ist zu streichen.
„ 299 „ 13 v. u. statt Kerse lies Kersei.
„ 318 „ 11 v. o. ist „fast" zu streichen.
„ 327 „ 12 v. o. statt „können wir" lies „könnte man".
„ 383 „ 12 v. u. „ Säugethiereies „ Wirbelthiereies.
„ 383 „ 10 v. u. „ bald „ z. Th.
„ 391 „ 10 v. u. „ Conjuncturen „ Conjecturen.
„ 413 (Fig. 123—127) trage man in der aus der Erklärung ersichtlichen Reihenfolge die einzelnen Figuren-Nummern ein. (Desgl. auf S. 416 u. 419.)
„ 448 Z. 5 v. o. schalte zwischen „schließlich immer" das Wort „fast" ein.
„ 451 „ 4 v. u. statt „und der" lies „und die".
„ 509 Erklärung von Fig. 180 statt halbausgewachsenen Raupe lies ganzausgewachsenen.
„ 518 Fig. 187 B ist aus Versehen des Setzers auf den Kopf gestellt.

Digitized by Google

Einige Urtheile der Presse über das Werk „Graber, Die Insekten."

Der naturwissenschaftlichen Volksbibliothek: „Die Naturkräfte"
XXI. und XXII. Band.

Band XXI „Graber, Organismus der Insekten."
Band XXII Abthlg. 1—2 „Graber, Leben der Insekten."

Ueber letzteren Band, dessen Schlußabtheilung der vorliegende Band bildet, sind der Verlagshandlung erst wenige Recensionen zugekommen.

— Die Darlegung des Insektenorganismus seitens Graber's ist klar, interessant und belehrend und zeugt von den sorgfältigsten Mikroskopstudien des Verfassers.
Das neue Blatt.

— Was der Verfasser über die Mechanik des Insektenleibes beibringt, gehört zu dem Besten, was uns auf diesem Gebiete vorgekommen ist. Hier übt die spielende Leichtigkeit seiner Sprache einen wohlthuenden Einfluß auf den Leser, und zwar um so mehr, je mehr er sich über die Einseitigkeit des Entomologen erhebt und sich als allgemeiner zoologischer Morphолog und Physiolog zeigt. Vor dieser Eigenschaft nehmen wir den Hut ab und freuen uns, daß der äußersten Schule deutschen Geistes, daß der alma mater der Buckowina noch solche Kräfte deutscher Wissenschaft zu Gebote stehen.
Die Natur.

— Die im Verlag von R. Oldenbourg erscheinende Volksbibliothek ist eine der wenigen populären Schriftenfolgen, welche derartig zusammengesetzt sind, daß man jeden neu erscheinenden Band mit einem günstigen Vorurtheile in die Hand nimmt. Dieses Vorurtheil wird wieder einmal auf das Glänzendste gerechtfertigt durch den uns vorliegenden ersten Band der „Insekten" von Graber. Wir stehen nicht an, zu behaupten, daß derselbe eines der besten populär geschriebenen deutschen Werke aus dem Gebiete der „beschreibenden" Naturwissenschaften ist. Wenn wir sagen, daß es populär ist, so wollen wir damit lediglich ausdrücken „für Gebildete allgemein verständlich". Dagegen meinen wir damit nicht, daß es etwa nur eine faßliche Darstellung in der Wissenschaft bereits längst bekannter und verbreiteter Anschauungen sei. Der Verfasser, welcher seit einer Reihe von Jahren selbständig und erfolgreich das Gebiet der Insektenanatomie bebaut hat, legt vielmehr in diesem Buche auch eine Fülle von eigenen bis jetzt unpublicirten Beobachtungen nieder. Wir können nur sagen, daß in dem Werke eine vergleichend physiologisch-anatomische Darstellung des Insektenkörpers gegeben wird, wie wir sie sonst in keinem anderen Werke finden. Nicht wenig tragen zu dem günstigen Eindrucke, welchen jeder Fachmann empfangen muß, die vielen schönen Originalabbildungen bei. — Mit Vergnügen sehen wir dem zweiten Theile entgegen.
Zarncke's Literaturblatt.

— Dr. Graber hat es meisterhaft verstanden, dem denkenden Leser alle die Wunder in dem „Organismus der Insekten", in Wort und Bild vor Augen zu führen, und zwar in einer solchen Weise und Methode, daß sowohl Laien als Kenner daraus gründliche Belehrung schöpfen können, zugleich aber auch zu einem immer eindringlicheren und ausgedehnteren Studium dieser wundersamen Naturen sich angeregt fühlen.
Elsäßer Bienenzüchter.

— Kundige und Verständige werden dem Verfasser gern zugestehen, daß das Buch, sowohl hinsichtlich vieler darin niedergelegten Specialuntersuchungen, als auch betreffs der ganzen darin ausgesprochenen Anschauungsweise der insektlichen Organisation, als etwas völlig Selbsteigenes zu betrachten ist. Dem hochsinnigen Verleger gebührt Dank, daß er dem gediegenen Werke die Bahn eröffnete und mit der Ausstattung nicht kargte, welche letztere namentlich deshalb zu rühmen ist, daß eine so reiche Anzahl instructiver, meistens mikroskopischer Präparate (im ersten Bande 200, in der I. Abthlg. des zweiten 80) beigegeben wurden, aus dem vorzugsweise die gründlichen und minutiösen Forschungen des Verfassers erhellen.
Hamb. Nachr.

Digitized by Google

— Wir haben ein Originalwerk vor uns, von welchem der in der Insektenkunde vorzüglich bewanderte Verfasser hofft, daß sowohl Laien als Kenner daraus gründliche Belehrung schöpfen, zugleich aber auch zu einem immer eindringlicheren und ausgedehnteren Studium dieser wunderbaren Naturen sich angeregt fühlen mögen. Wenn ich aus der selbst empfangenen Anregung und dem wahren Vergnügen beim Durchlesen des Buches schließen darf, so wird sich der Wunsch erfüllen. Im vorliegenden Theile des Buches ist der Bau der Kerfe so klar und umfichtig dargestellt, wie es der neueste Stand der bekanntlich vom Verfasser oft geförderten Specialwissenschaft verlangte. Und selbst wenn der Text nicht gelungen wäre, so würden die fast ausschließlich neuen, vorzüglich ausgeführten Abbildungen das Werk zu einer höchst beachtenswerthen Erscheinung machen. Die Organisation der Kerfe wird nicht einseitig aufgefaßt, sondern im Umblick auf die gesammte Gliederthierwelt und mit Berücksichtigung der Lehren der allgemeinen Physiologie und der Mechanik der Verrichtungen. So ist z. B. die „Mechanik der Gliedmaßen" ein ganz vorzüglicher Abschnitt ... Wir kommen nochmals auf die Abbildungen zurück. Sie sind die Frucht jahrelanger gründlichster Beobachtungen und eines immensen, von mechanischem Geschick unterstützten Fleißes. Sie nehmen unter den bekannten jetzt existirenden ähnlichen Darstellungen unbedingt den ersten Rang ein. Jedenfalls hat der Verfasser ein Werk von bleibendem Werthe geschaffen. Jenaer Literaturztg.

— Es muß daher das soeben erschienene oben im Titel angeführte Werk von Prof. Graber, welches als XXI. und XXII. Band dem verdienstvollen populär wissenschaftlichen Sammelwerk „Naturkräfte" von Herrn R. Oldenbourg in München angehört, als eine höchst willkommene Erscheinung bezeichnet werden, und es kann dasselbe speciell den Fachentomologen nicht genug empfohlen werden. Verfasser ist nicht nur ein bedeutender Anatom und Histolog, sondern kennt auch sehr gut die Biologie und die Systematik. Den den Insektenanatomen oft gemachten Vorwurf, sie wüßten nicht, welches Thier sie zerlegten, muß hier auch der genaueste Systematiker fallen lassen. Dieses Büchlein, welches den XXI. Band der von R. Oldenbourg in München herausgegebenen „Naturkräfte" bildet, gibt in übersichtlicher und leicht verständlicher Form eine Darstellung des Organismus der Insekten, einer Thierklasse, welche, wie der Verfasser mit Recht bemerkt, zwar nur ein einzelnes Glied in der großen Reihe verschieden organisirter Thiernaturen und im Ganzen sich wesentlich gleich bleibend, doch eine ganz äußerst formreiche Welt für sich allein ausmacht. Die neueren Fortschritte der Wissenschaft sind gehörigen Ortes verwerthet und auch den neueren theoretischen Anschauungen mit Nüchternheit Rechnung getragen. Als besonders interessant und gelungen dürften die Kapitel über die Mechanik der Gliedmaßen und über den Ortentirungsapparat (die Sinneswerkzeuge) zu bezeichnen sein. Aber auch die der Ernährung und dem Stoffwechsel gewidmeten Abschnitte sind ebenso eingehend wissenschaftlich, als verständlich und anschaulich gehalten. Eine große Anzahl in den Text eingedruckter guter Holzschnitte trägt wesentlich dazu bei, dieses Buch sowohl dem Anfänger und Liebhaber zur ersten Kenntnißnahme als dem Geübten zum Nachschlagen durchaus empfehlenswerth zu machen. Der Naturforscher.

— Wir stehen nicht an, zu behaupten, daß dasselbe eines der besten populär geschriebenen deutschen Werke auf dem Gebiete der beschreibenden Naturwissenschaften ist. Literarisches Centralblatt.

— ... it is therefore with unmixed pleasure that we welcome the appearance of Dr. Graber's admirable and ably-illustrated treatise. It would be impossible here to give even an outline of the vast series of facts which the learned author has brought together, nothing relative to the organism of insects being regarded as too insignificant for careful and unwearied research; as an instance of the thoroughness of his labours we would especially call attention to his interesting observations on the action of the legs of insects when walking, a point which he seems thoroughly to have studied and which he has amply illustrated, although many students would probably have regarded it as a matter of little moment. In fine, the entire volume is most valuable, and should be esteemed as a necessary hand-book, not only by every entomologist, but by all who have the interests of natural science at heart. The Nature.

Digitized by Google

Digitized by Google